



EESTI MAAÜLIKOOL
Tehnikainstituut

Marten Pulles

**MOOTORIÕLI YACCO EXTREME GT SOBIVUS
RINGRAJASÕIDULE JA DRIFTIKS VÕRRELDES MANNOL
DIESEL TURBO JA LOTOS OIL DIESEL FLEET
MOOTORIÕLIDEGA**

ENGINE OIL YACCO EXTREME GT SUITABLE FOR CIRCUIT AND
DRIFT COMPARED TO MANNOL DIESEL TURBO AND LOTOS OIL
DIESEL FLEET

Bakalaureusetöö
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: lektor Kaie Ritslaid, MSc

Tartu 2021

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Marten Pulles		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Mootoriõli Yacco Extreme GT sobivus ringrajasõidule ja driftiks võrreldes Mannol Diesel Turbo ja Lotos Oil Diesel Fleet mootoriõlidega			
Lehekülgi: 63	Jooniseid: 16	Tabeleid: 15	Lisasid: 7
Osakond: Energiakasutuse õppetool			
ETIS teadusvaldkond ja CERC S-i kood: 4. Loodusteadused ja tehnika			
ETIS teaduseriala 4.14 Tootmistehnika ja tootmisjuhtimine			
CERCS-i kood: Tehnikateadused, T455 Mootorid ja ajamid			
Juhendaja(d): lektor Kaie Ritslaid, MSc			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2021			
<p>Bakalaureusetöö eesmärk on testida ja võrrelda ringirajasõidu ja drifti Yacco Galaxie GT mootoriõli omadusi Lotos DIESEL FLEET ja Mannol DIESEL TURBO mootoriõlidega. Õlid on viskoossusklassiga SAE 5W40. Kirjanduse ülevaade hõlmab drifti olemust, mootoriõlide saamist, omadusi, standardiseerimist ning klassifitseerimist. Eksperimentaalses osas teostati kolme erineva firma Lotos DIESEL FLEET, Mannol DIESEL TURBO ja Yacco GALAXIE GT mootoriõli A3/B3, A3/B4 klassi katsetused näitamaks nende õlide kvaliteediomadusi. Eesti Maaülikooli Tehnikainstituudi kütuselaboris määrati õlide kinemaatilised viskoossused 40 °C ja 100 °C juures, viskoossusindeks, sulfaatne tuhasisaldus, leelisarv, hangumis- ja leekpunkt. Mootoriõlide üks oluline näitaja – HTHS- dünaamiline viskoossus 150 °C juures nihkepingel 10⁶/s telliti Soomest Neste Oyj määrdeainete analüüsi laboratooriumist. Selgus, et kõik testitud mootoriõlid on ekstrakõrge (ülikõrge) viskoossusindeksiga baasõlidel põhinevad õlid, mille viskoossusindeksid saadi vahemikus 163-173. Külmaskindluselt oli parim MANNOL õli, mille hangumispunkt saadi -42 °C, Lotos Oil ja Yacco õlil -39 °C. Yacco GALAXIE kohta leidis kinnitust ka tõsiasi, et kui õli leeliselisus on madal, siis tema sulfaatne tuhasisaldus on samuti väiksema väärtusega. Lotos Oil ja MANNOL õlil olid vastavad väärtused suuremad. HTHS test näitas, et Yacco Extreme GT mootoriõli tagab veidi suurema õlikile survetaluvuse laagripindadel võrreldes Lotos Oil õliga. Yacco õli paremust kinnitasid veel leekpunkt, kinemaatilise viskoossuse muutus 40 °C juurest 100 °C juurde, mis oli Yacco õlil kõige väiksem ja viskoossusindeks, mis oli kõige suurem võrreldes kahe teise mootoriõliga.</p>			
Märksõnad: mootoriõli, sünteetiline esterõli, kvaliteedinäitajad, drift			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Marten Pulles		Specialty: Engineering	
Title: Engine oil Yacco Extreme GT suitable for circuit and drift compared to Mannol Diesel Turbo and Lotos Oil Diesel Fleet			
Pages: 63	Figures: 16	Tables: 15	Appendixes: 7
Department / Chair: Chair of Energy Application Engineering Field of research and (CERC S) code: 4.Natural Sciences and Engineering Scientific profession code: 4.14. Industrial Engineering and Management CERCS code: T455 Motors and propulsion systems Supervisors: lecturer Kaie Ritslaid, <i>MSc</i> Place and date: Tartu 2021			
<p>The aim of the thesis was to test and compare the properties of racing oil Yacco Galaxie GT with Lotos Diesel Fleet and Mannol Diesel Turbo motor oils. The literature review covers the production, properties, standardization and classification of motor oils. In the experimental part, three different oils: Lotos Diesel Fleet, Mannol Diesel Turbo and Yacco Galaxie GT 5W40 A3/B3, A3/B4 class were used in order to present the quality properties of these oils. The laboratory tests were made in the fuel laboratory of Institute Technology of Estonian University of Life Sciences to determine kinematic viscosities of oils at 40 °C and 100 °C. Additionally, viscosity index, ash content, freezing and flash point, density and base number were determined. One important performance indicator of motor oils – HTHS – dynamic viscosity at 150 °C at a shear stress of 10⁶ /s test was ordered from Finland Neste Oil's Engine Laboratory. It was found out that all tested motor oils have extra high viscosity index, with viscosity index in the range from 163 to 173. The lowest cloud point had Mannol Diesel Turbo at -42 °C, Lotos Oil and Yacco Galaxie had - 39 °C. The HTHS test showed that Yacco Galaxie GT was the best engine oil in terms of performance and it provides slightly higher oil pressure resistance on bearing surfaces compared to Lotos Oil. Also the change of kinematic viscosity from 40 °C to 100 °C was the smallest in Yacco Galaxie GT oil and the viscosity index was highest compared to other two engine oils.</p>			
Keywords: motor oil, ester synthetic oil, drift,			

SISUKORD

LÜHENDID JA TÄHISED	5
SISSEJUHATUS	6
1. DRIFT.....	7
1.1 Drifti olemus	7
1.2 Drifti ajalugu	7
1.3 Võistlusstruktuur	8
1.4 Autod	8
2. MOOTORIÕLIDE TOOTMINE	10
2.1 Mootoriõlid ja töötingimused.....	10
2.2 Sünteetilised määrdeõlid.....	11
2.3 Mootoriõlid fossiilsel toorainel.....	12
3. SÕIDUAUTODE JA VEOKITE MOOTORIÕLIDE KLASSIFITSEERMINE	14
3.1 Automootoriõlide Standard SAE J300:2015	14
3.2 ACEA Euroopa Õlijärjestused:2016	16
3.3 API klassifikatsioon	20
4. MOOTORIÕLIDE KVALITEEDINÄITAJATE TESTIMINE	21
4.1 Välimus.....	21
4.2 Kinemaatiline viskoossus 40°C ja 100°C juures	22
4.3 Viskoossusindeks	24
4.4 HTHS viskoossus.....	26
4.5 Leelisarv.....	27
4.6 Tihedus.....	29
4.7 Hangumispunkt.....	30
4.8 Leekpunkt	30
4.9 Sulfaatne tuhasisaldus	31
5. KATSETULEMUSTE ARUTELU JA SOOVITUSED	35
KOKKUVÕTE.....	44
SUMMARY	48
KASUTATUD KIRJANDUS	49
LISAD	52
Lisa A. Mootoriõlide tähistus.....	53
Lisa B. Tiitrimise graafik	58
Lisa C. Neste Oyj analüüsi sertifikaat.....	59
Lisa D. Lotos Oil tootjapoolsed andmed.....	60
Lisa E. Mannol Diesel Turbo tootjapoolsed andmed	61
Lisa F. Yacco Galaxie GT tootjapoolsed andmed.....	62
Lisa G. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta	63

LÜHENDID JA TÄHISED

FIA - *Fédération Internationale de l'Automobile* – rahvusvaheline autospordiliit

SAE - *Society of Automotive Engineers* – USA Autoinseneride liit

ACEA – *European Automobile Manufacturers Association* – Euroopa autotootjate ühendus

API - *American Petroleum Institute* – Ameerika Naftainstituut

SAPS - *Sulphated ash, phosphorus, sulphur* - sulfaatne tuhk, fosfor, väävel

BN – *Base number* – leelisarv

TWC – *Three-way catalyst* – kolmeastmeline katalüsaator

DPF – *Diesel particulate filter* – diisli tahmafilter

EGR – *exhaust gas recirculation* - heitgaaside tagastussüsteem

$\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, cSt – kinemaatilise viskoossuse ühik

SCR - *Selective catalytic reduction* – selektiivne katalüütiline heitgaaside vähendamine

ASTM - *American Society for Testing Materials* – Ameerika katsetus- ja materjaliühing

HTHS - *High Temperature High Share* – kõrgtemperatuuri ja kõrgnihkekiiruse viskoossus

TBN – *Total base number* – üldleelisarv

VI – viscosity index - viskoossusindeks

EHVI – Extra high viscosity index – ekstra (üli-) kõrge viskoossusindeks

GT - *Grand tourer* – sportautode tüüp

SISSEJUHATUS

Mootoriõlid on eriline liik määrdeõlisid, mis peavad tagama määrdevõime väga rasketes tingimustes. Sisepõlemismootorites täidab mootoriõli mitmeid eesmärke. Üks olulisemaid neist on mehaaniliste komponentide määrimine, mis vähendab liikuvate osade hõõrdumist ja hoiab kulumist minimaalsena. Samuti peab mootoriõli jahutama ning puhastama detaile, tihendama lõtkusid, kaitsma detaile korrosiooni eest. Kaasaegsed mootoriõlid parendavad mootori üldist efektiivsust, aidates seeläbi vähendada heitgaase. Kuna töötingimused on mootorites erinevad, siis pole olemas universaalset mootoriõli, mis suudaks täita kõiki neile esitatud nõudeid: peavad olema hea määrimisvõimega, keemiliselt ja termiliselt stabiilsed (vastupidavad), kõrge leekpunktiga ning väikese aurustuvusega, madala hangumispunktiga, minimaalse tuhasisaldusega ja heade korrosioonitõrje omadustega ning ei tohiks sisaldada tahkeid osiseid ja olema vabad veest.

Töö sai algse tõuke Elva driftisõitjate huvist teada saada Yacco GALAXIE maantee- ja ringrajasõidu õli omaduste kohta. Huvi oleks olnud peale drifti võistlust õli kvaliteedinäitajate võrdlus mõne teise mootoriõliga, aga kuna sügiseks oli drifti sõidu hooaeg läbi, siis polnud õlisid enam analüüsiks saada. Lõputöös testiti uusi, töötamata Yacco GALAXIE GT, Lotos Oil DIESEL FLEET ning Mannol DIESEL TURBO viskoossusklassiga SAE 5W40 jõudlusklassiga A3/B3, A4/B3 sünteetilisi mootoriõlisid.

Esimeses peatükis uuritakse maailmas üha kiiremini populaarsust koguvat autospordiala – drifti. Töö teises peatükis käsitletakse mootoriõlide tootmist fossiilsel toorainel, aga ka sünteetiliste õlide tootmist, töötingimusi, kvaliteediomadusi. Töö kolmandas peatükis esitletakse mootoriõlide standardiseerimine ja klassifitseerimine. Eksperimentaalses osas, neljandas peatükis, antakse ülevaade teostatud testidest sõltuvalt Eesti Maaülikooli Tehnikainstituudi kütuselabori analüüsivõimekusest. Õlidele määrati kinemaatilised viskoossused 40°C ja 100°C juures, viskoossusindeks, sulfaatne tuhasisaldus, tihedus, leelisarv, hangumis- ja leekpunkt. Mootoriõlide üks oluline näitaja - HTHS-dünaamiline viskoossus 150 °C juures nihkepingel 10⁶/s telliti Soomest Neste Oyj määrdeainete analüüsi laboratooriumist. Viiendas peatükis on katsetulemuste analüüs ja soovitus edasisteks uuringuteks.

1. DRIFT

1.1 Drifti olemus

Drift on mänguline võistlusala, mis toimub ringrajal, kus pealtvaatajatele on kogu rada nähtav. Drift on ainus autospordi distsipliin, kus tulemust ei määra aeg, vaid kohtunike poolt antud punktid. Drift on sõidustiil, kus auto viiakse ülejuhitavaks, et see hakkaks külge ees liikuma. Samal ajal peab autojuht säilitama auto üle kontrolli ning liikuma sujuvalt. Kui auto tagumise telje pöörderaadius on suurem esimese telje omast ning auto esirattad on suunatud pöördele vastassuunas, on tegemist driftiga. [1]

Drifti põhiolemus ei seisne selles, kes jõuab esimesena finišisse vaid see, kes läbib etteantud võistlusraja kõige ideaalsemalt ja sujuvamalt ning püsib ettemääratud sõidujoonel. Eesmärk on läbida tagasillaveolise autoga asfalteeritud kurviline võistlusrada suure libisemisnurgaga, et sõidujoon oleks sujuv ning libisemine kordagi ei katkeks. Sõita tuleb agressiivselt ja täpselt. Rajal olles tuleb vältida kokkupuudet koonustega ning rattad ei tohi rajalt välja minna. Võitja otsustavad kolm kohtuniku: üks hindab sõidujoont, teine stabiilsust ning kolmas *show*-elemente. *Show* osas vaadeldakse rehvisuitsu ning auto maksimaalset käsitlemist. [1]

1.2 Drifti ajalugu

Drift sai alguse Jaapanis 1970- aastail, mil hulljulged amatöörid sõitsid külge ees mägiteedel. Maailma kõige esimene drifti D1GP võistlus professionaalidele peeti 2001. aastal Jaapani maanteedel. Rahvusvaheliselt hakkas kõnealune spordiala levima 2003. aastal, kui esimene D1 võistlus peeti USA-s. Peale seda intensiivistus driftispordi levik veelgi, 2007. aasta alguses peeti võistlusi juba Austraalias, Malaisias, Ühendkuningriigis ja Iirimaal ning Uus-Meremaal. Nüüdseks on loodud ka Euroopa Meistrivõistluste sari, kus Põhja-Euroopa meistrivõistluse sarjas võitlevad kõrgete kohtade eest ka eestlased.[1]

1.3 Võistlusstruktuur

Eestis võisteldakse driftispordis kolmes klassis: tänavaautodele *street* klass, SEMI PRO ja PRO klass. *Street* klassi autod vastavad riiklikele nõuetele, mis on seatud tänavasõiduks sobivatele autodele ja see on klass, kus saab oma drifti teekonda alustada. Edasi on SEMI PRO ja PRO klass, kus võistlevad spetsiaalse ettevalmistusega driftiautod.

Võistlus algab eelsõitudega, kus iga juht saab teatud arvu individuaalsooritusi ning parim katse määrab tema koha võistlejate hulgas. Individuaalsoorituse ajal hinnatakse enim kiirust, libisemisnurka ja trajektooriga püsimist. Maksimaalne võimalik skoor on 100 punkti. Sarjades, kus kohti ei jagata individuaalsooritusel saadud punktide põhjal, kasutatakse lõplike kohtade selgitamiseks paarissõite. See tähendab, et eelsõidu põhjal saab edasi teatud arv inimesi, tavaliselt on selleks 16 või 32 parimat, mis oleneb osalejate arvust. Paarissõitudes võisteldakse paaridena elimineerimise meetodil, kuni viimane paarissõit ehk finaali selgitab võitja. Paarissõidu võitmiseks tuleb jälitaval autol täpselt sõita eesoleva auto joones, teda nii öelda jäljendada. See on võistlussõit kahe võistleja vahel, kus esimene ring on üks võistlejatest eessõitja ja teine jälitaja, teiseks ringiks vahetatakse omavahel positsioonid. Võistleja, kes kahe ringi peale kogub rohkem punkte võidab paarissõidu ning liigub edasi järgmisesse vooru. [2]

1.4 Autod

Kõige populaarsemad driftiautod on kas Jaapanis või Euroopas toodetud tagasillaveolised autod. Autoturul on palju võimalusi, kuid soovitatud on valida meelepärane auto, mille varuosade kättesaadavus on suur. Driftiauto valimisel tuleks jälgida olulisi lisategureid, milleks on toimiv veermik, diferentsiaalilukk ning loomulikult suur võimsus. Maailma kõige populaarsemad driftiautod on toodetud Nissani poolt (200SX, Silvia, 350Z), samuti on kasutusel ka palju BMW 3. ja 5. seeria mudelid ning Mazda RX-5 ja RX-7.

Kuna *street* klassis võisteldakse tänavaautodega, mis vastavad riiklikele nõuetele ning liiguvad maanteedel, siis on lubatud teha autodele ainult mõningad muudatused. *Street* klassis on lubatud eemaldada põranda matt, tagavararattakoobas ja tagaistmed kaalu vähendamise eesmärgil. Auto välimus peab olema korrektne ja tänaval kasutamiseksõlbulik. Auto mootor peab asuma originaalkohas ning olema kere margikohane. Lubatud on teatud

mootori modifikatsioonid (turbo, juhtimine, kompressor, suuremad pihustid). Autol võib kasutada reguleeritavat vedrustust, veermiku ja sillaosade modifitseerimine ning keevitamine pole lubatud. Auto pidurisüsteemi ja jahutussüsteemi ümberehitamine pole lubatud, jahutussüsteemis tuleb kasutada destilleeritud vett. [3]

SEMI PRO ja PRO klassis on auto osadeks võetud, et jääks alles ainult sõiduki kere, millest on hea hakata ehitama uut võistlusautot järelturu osadega. Palju rõhku pannakse turvalisusele. Autos peaks olema kaks istet (soovituslik), iga iste peab olema fikseeritud seljatoega korviste ning FIA (*Federation Internationale de l'Automobile*) ehk rahvusvahelise autospordiliidu poolt homologiseeritud. Sobilikud on minimaalselt 5-punkti turvavööd, mis samuti peavad olema FIA poolt heaks kiidetud. Veel on ära määratud turvavööde kinnituskohad kere küljes. Autosse peab olema paigaldatud turvapuur, mis kaitseb autos olevaid inimesi, kui autoga satutakse avariasse. Puur peab olema loodud vastavalt FIA nõuetele. Sõiduvahendi mootori, juhtplokkide ja käigukasti ning jõuülekande muutmise on lubatud tingimusel, et ainult tagumised rattad veavad. Puuduvad piirangud maksimaalsele jõule. [4]

2. MOOTORIÕLIDE TOOTMINE

2.1 Mootoriõlid ja töötingimused

Määrdeõlised, mida kasutatakse sisepõlemismootorite karterites, nimetatakse mootoriõlideks. Mootoriõli on mootori jõudluse ja pikaajalisuse üks olulisematest teguritest, kuna tänapäevased mootorid on spetsiifilise töövõimega ning ehitatud uute mootorimaterjalidega, mistõttu muutub õlitamine järjest tähtsamaks. Mootori spetsiifilise töövõime tõttu on mootoridetailid sellele vastavalt ehitatud: silindripeade ja -seinte paksust on vähendatud, kolvirõngad õhemad, kepsud ja kolvisõrmed peenemad, laagrid väiksemad. See tõstab koormust kõikides detailides, mille tõttu mootoriõli temperatuur tõuseb üle 130 °C. Sellise temperatuuriga esitatakse mootoriõlidele suured nõuded. Kui mootor ei tööta, langeb mootoriõli temperatuur välisõhu temperatuurini ning külmal ajal isegi alla 0 °C. Seega mootoriõlid puutuvad kokku temperatuuriga, mis on vahemikus -50 °C kuni 2500 °C.[5]

Mootoriõlid peavad olema põhinoüete täitmiseks:

- 1) töötingimustele vastava viskoossusega, mis kindlustab mootori ökonoomse tõrgeteta töö;
- 2) kõrge leekpunktiga ning väikese aurustuvusega;
- 3) keemiliselt ja termiliselt stabiilsed, kasutamisel peavad säilitama oma omadused;
- 4) hea õlitamisvõimega, mis tagab kelme tekkimise õlitatavatel detailidel, et ära hoida kulumist koormustel;
- 5) mistahes töötingimustel liiguvad ja võimalikult madala hangumispunktiga;
- 6) minimaalse tuhasisaldusega ja sulfaatse tuhasisaldusega;
- 7) heade korrosioonitõrje omadustega;
- 8) vabad veest ja tahketest osistest.

Mootoriõlised, mis eelnevalt kõiki nimetatud nõuded rahuldaks, tuleks lugeda ideaalseteks. Mootoriõlised, mille omadused tööprotsessi käigus üldse ei muutuks, ei eksisteeri. Alternatiivina tuleb valida õli, mille omadused oleksid võimalikult vähemuutlikud.

Õli põhiülesanded mootoris on järgmised:

- 1) vähendama hõõrdumist liikuvate pindade vahel;
- 2) kaitsma mootori detaile korrosiooni eest;
- 3) säästma mootorikütuseid – hea õlitamisvõimega õli minimeerib hõõrdepindade kulumist ja energia hajumist;
- 4) tihendama lõtkusid;
- 5) vähendama detailide kulumist;
- 6) jahutama detaile – juhtima soojust hõõrdepindadelt.

Kuna mootoriõli töötingimused on erinevates mootorites ja vahelduvates ilmastikuoludes erinevad, siis pole olemas universaalset mootoriõli ning toodetavate mootoriõlide valik on laialdane. Mootoriõli tuleb valida nende hulgast, mida autotootja on kasutamiseks ette näinud, sest mootoriõli kvaliteet on mootori tehnoseisundi jaoks väga oluline. [5]

2.2 Sünteetilised määrdeõlid

Sünteetiline õli on määrdeaine, mis koosneb keemilistest ühenditest, mis on kunstlikult valmistatud (sünteesitud). Sünteetilisi määrdeaineid saab valmistada keemiliselt modifitseeritud naftakomponentidest, mitte tervest toorõlist, kuid neid saab sünteesida ka muudest toorainetest. Sünteetilise õli molekulid on ühtlase suuruse ja raskusega ning manused, mida sellele lisatakse muudavad sünteetilise õli töökindlamaks ekstreemsemates oludes, kus tavalise nafta baasil toodetud õli võimed jäävad piiratuks. Sünteesbaasõlid on eeter-, silaan-, ester-, polümeer- ja silikoonõlid ning halogeensüsivesinikud. Sünteesõlide manuste koostis luuakse arvestades õlide sobivuse spetsiifikat manuste suhtes, samuti manuste lahustuvust sünteesõlides. Sünteesmäärdeainete omavaheline või naftapõhiste õlidega segamine ei ole soovituslik. Üks õlidest võib kaotada oma omadused ning seetõttu potentsiaalselt moodustada setteid. Need omakorda võivad muuta kasutusomadusi ja põhjustada seeläbi tõsised kahjustusi mootori komponentidele. [6]

Sünteesõlide eelised on :

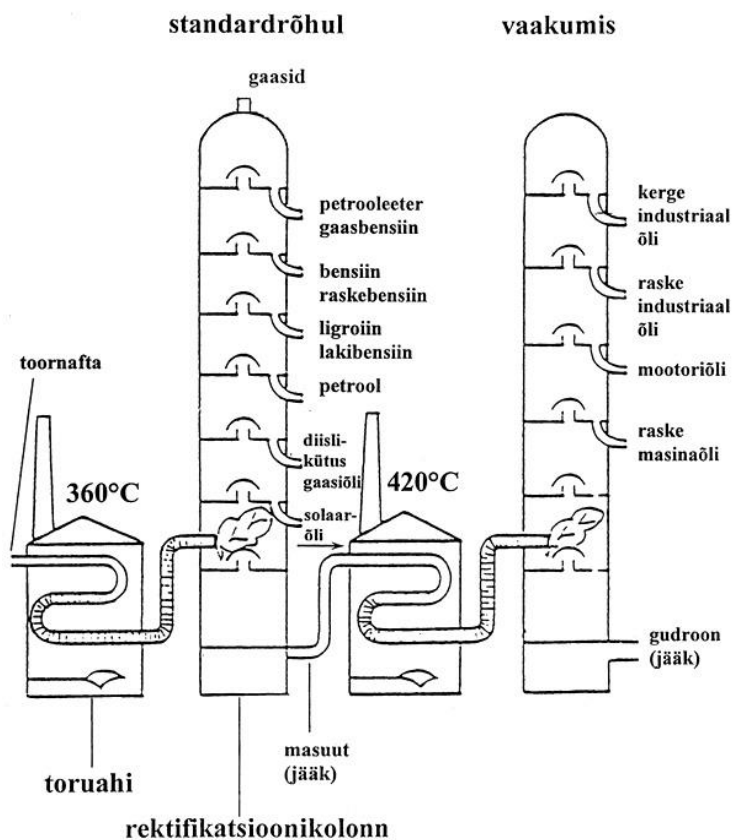
- 1) sünteetiline mootoriõli tagab õlivahetuse vahel pikemad ajavahemikud;
- 2) madalatel kui ka kõrgetel temperatuuridel on viskoossuse stabiilsus parem kui tavapärastel õlidel;
- 3) parem õlitamisvõime, nende hõõrdetegur on väiksem, seega vähendavad kulumist;

- 4) vastupidavam oksüdeerumisele, väiksem setete ja hapete teke;
- 5) ressursisäästlikumad;
- 6) alkaanide puudumise tõttu on võimalik kasutada ekstreemselt madalatel temperatuuridel näiteks kosmoses, lennukite reaktiivmootorites;
- 7) paremad pesemisomadused – mootoridetailid on puhtamad.

Süntetiliste õlide silmapaistvam puudus on kõrge hind, mis on võrreldes tavapäraste õlidega mitmekordne. Lisaks ei sobi paljud sünteesõlid vanadele autodele, kuna õlide koostis võib läbi söövitada tihendid ja voolikud. [6]

2.3 Mootoriõlid fossiilsel toorainel

Määrdeainete tootmiseks vajalikud baasõlid fossiilsel toorainel saadakse naftast. Naftat saadakse mineraalsetest ladestitest, mis on moodustunud miljonite aastate jooksul organismide jäänuste lagunemisel maapõues, mida nimetatakse naftakollektoriteks. Mineraalõlid, suure molaarmassiga süsivesinike vedelad segud, milles mineraalainete sisaldus on lubamatu, on nafta töötlemise saadused. Mineraalbaasõlide komponendid saadakse masuudi vaakumdestillatsioonil ning hiljem selle rafineerimisel. Õli toimimine sõltub süsiniku ja vesiniku ühendi puhtusest – mida puhtam, seda tõhusam. Rafineerimine parandab määrdeõli omadusi. Mineraalõli fraktsioonide puhastamisel saadud baasõlide komponendid segatakse ning saadud baasõlile lisatakse erinevaid manuseid, et luua teatavate omadustega mineraalõlide põhine määrdeõli sõltuvalt kasutusala. Mineraalõlid jaotatakse saamisviisilt destillaat-, jääk- ja kompaund- ehk segaõlideks. Kõige suurema õlitamisvõimega on jääkõlid ning väikseima destillaatõlid. Mineraalõlisid kasutatakse kõige sagedamini mehhanismide õlitamiseks [6]. Joonisel 2.3 on esitatud nafta destillatsiooni skeem.



Joonis 2.3 Nafta destillatsiooni skeem [7]

Jooniselt nähtub, et mineraalne mootoriõli koosneb küllalt raskete süsivesinike fraktsioonidest.

3. SÕIDUAUTODE JA VEOKITE MOOTORIÕLIDE KLASSIFITSEERMINE

3.1 Automootoriõlide Standard SAE J300:2015

USA-s ja enamikes teistes maades jagatakse mootoriõlid SAE (*Society of Automotive Engineers*) klassidesse. SAE viskoossusklassid ei näita õli kvaliteeti, vaid on mõeldud õlide liigitamiseks viskoossuse järgi.

Mootoriõlid jagunevad SAE klassifikatsioonis viskoossuselt talve-, suve- ja aastaringseteks mootoriõlideks. Ülemaailmselt kasutatakse mootoriõlide liigitamiseks viskoossuste järgi SAE klassifikatsiooni, kus kõik mootoriõlid jagunevad viskoossuste alusel 14 SAE viskoossusklassi: 0W, 5W, 10W, 15W, 20W, 25W, 8, 12, 16, 20, 30, 40, 50, 60. Talviseid mootoriõlisisid tähistatakse W (*winter*) lisamisega SAE viskoossusklassile. Nende klasside ühiseks tunnuseks on õlide kinemaatiline viskoossus 100 °C juures ning talvistel mootoriõlidel on reglementeeritud minimaalne kinemaatiline viskoossuse väärtus 100 °C juures. Lisaks on normitud kaks maksimaalselt lubatava dünaamilise viskoossuse väärtust, mille puhul on võimalik mootori külmkäivitus eelsoojenduseta ja mootoriõli rahuldav pumbatavas õlitussüsteemis mootori käivitamisel.

Suviste ehk monoviskoossete mootoriõlide SAE-viskoossusklassid on: SAE 8 , SAE 12, SAE 16, SAE 20, SAE 30, SAE 40, SAE 50 ja SAE 60. Suvistele mootoriõli SAE-klassidele on kehtestatud dünaamilise viskoossuse minimaalsed väärtused 150 °C juures.

Viskoossuse järgi SAE klassifikatsioonis aastaringsete mootoriõlide arvu ei piirata. Tingimuseks on see, et aastaringne mootoriõli peab üheaegselt vastama ühe talvise ja ühe suvise mootoriõli SAE-klassi nõuetele, kusjuures aastaringne mootoriõli märgistatakse W-tähe ja kahe numbriga. Näiteks SAE 5W-30, kus W näitab, et miinus kraadidega toimib mootoriõli nii nagu talveõli SAE 5W ning number 30 tähendab, et suurematel temperatuuridel toimib mootoriõli nagu suveõli SAE 30 (joonis 3.1). [6]

Tabel 3.1 Mootoriõlide klassifikatsioon viskoossuste järgi vastavalt standardile SAE J300:2015 [8]

SAE viskoossusklass	ASTM D5293 CCS, Max viskoossus madalal temperatuuril, mPa·s (cP)	ASTM D4684MRV Max viskoossus mPa·s (cP) ja pumbatavuse piirtemperatuur max	ASTM D445 Kinemaatiline viskoossus 100 °C juures mm ² /s (cSt)		ASTM D4683 või CEC L-36-A-90 HTHS min viskoossus mPa·s (cP) 150 °C juures
			MIN	MAX	
0W	6200 -35 °C juures	60000 -40 °C	3,8		
5W	6600 -30 °C juures	60000 -35 °C	3,8		
10W	7000 -25 °C juures	60000 -30 °C	4,1		
15W	7000 -20 °C juures	60000 -25 °C	5,6		
20W	9500 -15 °C juures	60000 -20 °C	5,6		
25W	13000 -10 °C juures	60000 -15 °C	9,3		
8			4,0	<6,1	1,7
12			5,0	<7,1	2,0
16			6,1	<8,2	2,3
20			6,9	<9,3	2,6
30			9,3	<12,5	2,9
40			12,5	<16,3	3,5 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
40			12,5	<16,3	3,7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50			16,3	<21,9	3,7
60			21,9	<26,1	3,7



Joonis 3.1 Mootoriõlide SAE viskoossusklasside vahemik sõltuvalt väliskeskkonna temperatuurist [9]

Mootoriõli valikul võetakse aluseks sõiduki kasutusjuhend. Kasutusjuhendus on ära märgitud tootjapoolne soovituslik mootoriõli SAE klass, litsents ja kvaliteediklass (ACEA, API). Eesti ilmastikutingimustes on enamlevinud aastaringsed mootoriõlid viskoossusega SAE 5W-30, 5W-40 ja 10W-40.

3.2 ACEA Euroopa Õlijärjestused:2016

ACEA on Euroopa autotööstuse eestkõneleja, kes esindab sõiduaute, kaubikute, veoautode ja busside tootjaid Euroopa Liidus. Paljude muude tegevuste hulgas määratleb ACEA mootoriõlide spetsifikatsioonid, mida uuendatakse tavaliselt iga paari aasta tagant, et hõlmata mootori ja määrdeainete tehnoloogia uusimat arengut. ACEA tegeleb õlide standardite kehtestamisega, mida õlitootjad peavad täitma. ACEA klassifitseerib mootoriõlisid nende sobivuse järgi mootori tüübile ja heitgaasi järeltöötlustehnoloogiale. Praeguseks ajaks kehtib ACEA European Oil Sequences: 2016, redigeeritud 1.juulil 2020. ACEA klassifikatsioonis on mootoriõlid käitusomadustelt jagatud klassidesse. [10]

Bensiini- ja kergkoormatud diiselmootoriõliledele on A/B tüüpi klass.

A1/B1- kategooria on eemaldatud õlide järjestusest.

A3/B3 – stabiilne, kvaliteetne õli, mida iseloomustab stabiilsus ning viskoossuse säilivus, mis on mõeldud kasutamiseks kõrge jõudlusega sõiduaute ja kaubikute pikendatud õlivahetusvälbaga bensiini- ja diiselmootorites.

A3/B4 – stabiilne, kvaliteetne õli, mida iseloomustab stabiilsus ning viskoossuse säilivus, mis on mõeldud kasutamiseks suure jõudlusega sõiduaute ja väikekaubikute bensiini- ja otsepritsega pikendatud õlivahetusvälbaga diiselmootorites. Sobib kasutada ka A3/B3- kategoorias kirjeldatud rakendustes.

A5/B5 – stabiilne, kvaliteetne õli, mootoriõli on viskoossust säilitav, ette nähtud pikema õlivahetusvälbaga võimsatele bensiinimootoritele ning sõiduaute ja kaubikute diiselmootoritele, mis on mõeldud kasutama madala viskoossusega mootoriõli, mille HTHS viskoossus jääb vahemiku 2,9 – 3,5 mPa·s. Need õlid ei ole kasutatavad paljude mootoritega.

ACEA järgmine klass on C – tüüpi õlid, mis on väikese SAPS-iga bensiini- ja diiselmootoritele, milles kasutatakse heitgaasi järeltöötlussüsteemi, nagu tahmafilter (DPF) või kolmeastmeline katalüsaator. Need mootoriõlid suurendavad ottomootorite ja

diiselmootorite tahmafiltri tööiga ning säilitavad sõiduki kütusesäästlikkuse. Klassi C1-C5 spetsifikatsioonides on kehtestatud SAPS (sulfaatne tuhk, fosfor, väävel) sisalduse piirmäärad.

- 1) *lowest* SAPS – kus sulfaatse tuha (SA) sisaldus on $<0,5\%$
- 2) *low* SAPS – $SA = 0.5\%$
- 3) *mid* SAPS – $SA = 0.8\%$

C1 – stabiilne, kvaliteetne mootoriõli kõige madalama (*lowest*) SAPS tasemega, mis on mõeldud kasutamiseks katalüüsjärelpõletiga, DPF-ga ja TWC-ga sõidukites. Õli on loodud suure võimsusega sõiduautode ja kaubikute diisel- ning bensiinimootoritele, mis vajavad väheviskoosset, vähese hõõrdumisega ning väikese SAPS-ga õlisid, mille minimaalne HTHS viskoossus on 2,9 mPa·s.

C2 – tegemist on sama klassi õliga nagu C1, kui need õlid on keskmise (*mid*) SAPS-ga

C3 ja C4 – toime poolest on sama nagu C2 õlid, kuid nende HTHSV minimaalne sisaldus peab olema 3,5 mPa·s ning C3 õlid on keskmise (*mid*) ja C4 on madala (*low*) SAPS-ga õlid.

C5 – kategooria mootoriõli iseloomustab stabiilsus, keskmise (*mid*) SAPS-ga õli, mis mõeldud kõrge jõudlusega sõidukitele ja kaubikutele, millel on tänapäevased järeltöötlussüsteemid ja katalüsaator ning mis vajavad väikese viskoossusega õli, mille minimaalne HTHS viskoossus on 2,6 mPa·s. Sellese klassi kuuluvad õlid peavad säästma 2% rohkem kütust kui C3 klassi õlid.

Kõik õlid, mis kuuluvad C kategooriasse, on väljatöötatud, et pikenda tahmafiltri ja kolmeastmelise katalüsaatori eluiga, säilitades sõiduki kütusekulu ning kaitstes mootorit.

Raskeveokite diiselmootoriõlid kuuluvad E - klassi, mis omakorda on jaotatud: E4, E6, E7 ja E9.

E4 – sellel klassil on hea viskoossuse säilivus ning stabiilsus. Õli sisaldab määrimise stabiilsust hoidvaid manuseid, mis hoiab mootori kolvid tahmast puhtana ja säästab kulumist. Seda soovitatakse kõrgelt hinnatud diiselmootoritele, mis vastavad Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV ja Euro V heitkoguste nõuetele ja töötavad väga rasketes tingimustes, näiteks kus on mootoripoolse tootja poolt pikendatud õlivahetusvälp. See sobib ilma kübemetepüüdefiltrita diiselmootorisse ja osade EGR mootoritesse ning diislitesse, kuhu on

paigaldatud SCR (*Selective Catalytic Reduction*) ehk selektiivne katalüütiline heitgaaside vähendamine NO_x reduktsioonisüsteemiga. E4- mootoriõli soovitatakse kasutada mootoris, mis töötab kõrge väävlisisaldusega diislikütusega.

E6 – mootoriõli on hea viskoossuse säilivusega ja stabiilne. Õlile on lisatud stabiilsust hoidvaid manuseid, mis säästavad mootoridetaile kulumise eest ning hoiab kolvid nõest puhtana. Sobilik diiselmootoritele, mis täidavad Euro I kuni Euro VI heiteklassi nõuded. Mootoriõli sobib nii kübemetepüüdefiltriga kui ka ilma olevatele EGR mootoritele, samuti SCR NO_x reduktsioonisüsteemidega varustatud mootoritele. E6 klassi õli on soovitatud kasutatud mootoris, mis tarbib madala väävlisisaldusega diislikütust.

E7 – viskoossust säilitav ja stabiilne õli, mis vähendab tahmumist, hoiab kolvi puhtust ning minimeerib silindrite peegelpinna poleerimist. Soovitatakse kiirekäigulistele raskkoormatud diiselmootoritele, mis töötavad rasketes tingimustes ning vastavad Euro I – Euro V emissiooninõuetele. Mootoriõli on kasutatav paljudes EGR – mootorites, kübemetepüüdefiltrita mootoris ning mootorites, mis on varustatud SCR NO_x reduktsioonisüsteemidega.

E9 – kõrgkvaliteetne õli, mis tagab kolvi puhtuse, vähendab tahmumist ja väldib silindrite peegelpinna poleerimist. Soovitatakse kiirekäigulistele raskkoormatud diiselmootoritele, mis töötavad rasketes tingimustes ning vastavad Euro I – Euro VI emissiooninõuetele. On kasutatav nii kübemetepüüdefiltriga kui ilma, enamikus EGR – mootorites, ning SCR NO_x vähendussüsteemidega varustatud mootorites. E9 klassi õli on tungival soovitatav tahkete osakeste filtritega mootorite jaoks ning on mõeldud kasutamiseks koos madala väävlisisaldusega diislikütusega. [10]

Tabel 3.2 ACEA 2016 mootoriõlide nõuded [10]

REQUIREMENT	TEST METHOD	PROPERTIES	UNIT	LIMITS		
				A3/B3-16	A3/B4-16	A5/B5-16
2.ENGINE TEST						
2.1 Gasoline DI	CEC L-111-16 (EP6CDT)	Piston Cleanliness	Merit	≥RL259		
Engine Cleanliness		Turbo Charger Deposits **. Average value of zones C, D, E & F	Merit	≥ 6.0		
2.2 *	ASTM D6593-00 (Sequence VG)	Average engine sludge	Merit	≥7.8		
Low Temperature		Rocker cover sludge	Merit	≥8.0		
Sludge		Average Piston skirt varnish	Merit			

REQUIREMENT	TEST METHOD	PROPERTIES	UNIT	LIMITS		
				A3/B3-.16	A3/B4. 16	A5/B5. 16
2.2 * Low Temperature Sludge	Under protocol & requirements for API	Average engine varnish Comp. Ring (hot stuck) Oil screen clogging	Merit %	≥ 7.5 ≥ 8.9 None ≤ 20		
2.3* Valve Train Scuffing wear						
2.4* Black Sludge	CEC L-107-19 (M271 EVO)	Engine Sludge, average	Merit	≥ 8.3		
2.5 Fuel Economy	CEC L-054-96 (M111)	Fuel Economy Improvement	%	---		≥ 2.5
2.6 DI Diesel Oli Dispersion at medium Temperature	CEC L106-16 (DV6C)	Absolute Viscosity Increase at 100 and 5.5 % Soot Piston Cleanliness **	mm ² /s Merit	$\leq 0.9 \times \text{RL248}$ ≥ 2.5		
2.7 Diesel Engine Wear	CEC L-099-08 (OM646LA)	Cam wear outlet (avg. max. wear 8 cams)	µm	≤ 140	≤ 120	
		Cam wear inlet (avg. max. wear 8 cams)**	µm	≤ 110	≤ 100	
		Cylinder wear (avg. 4 cylinders)**	µm	≤ 5.0	≤ 5.0	
		Bore polishing (13 mm)** (max. value of 4 cylinders)	%	≤ 3.5	≤ 3.0	
		Tappet wear inlet ** (avg. max. wear 8 cams)	µm	Report	Report	
		Tappet wear outlet ** (avg. max. war 8 cams)	µm	Report	Report	
		Piston cleanliness (avg. 4 pistons) **	Merit	Report	≥ 12	
		Engine sludge average **	Merit	Report	≥ 8.8	
2.8 * DI Diesel Piston Cleanliness Ring Sticking	CEC L-078-99 (VW TDI)	Piston Cleanliness	Merit	$\geq \text{RL206}$ minus 4 points	$\geq \text{RL206}$	$\geq \text{RL206}$
		Ring sticking (Rings 1&2)				
		Average of all 8 rings	ASF	≤ 1.2	≤ 1.0	≤ 1.0
		Max. for any 1 st ring	ASF	≤ 2.5	≤ 1.0	≤ 1.0
		Max. for any 2 nd ring	ASF	0.0	0.0	0.0
		EOT TBN (ISO 3771) **	mgKOH/g	≥ 4.0	≥ 6.0	≥ 4.0
2.9 Effects of Biodiesel	CEC L-104-16 (OM646LA Bio)	EOT TAN (ASTM D664) **	mgKOH/g	Report	Report	Report
		Piston Cleanliness	Merit			$\geq \text{RL255} + 2$
		Ring Stickings **	ASF			Report

3.3 API klassifikatsioon

Ameerika Naftainstituudi mootoriõlide API klassifikatsioon on kasutusel kogu maailmas. Põhiliselt on see mootoriõlide käitusomadustel põhinev klassifikatsioon mõeldud täitma eelkõige Ameerika mootorite ja liiklusvahendite nõudeid. API klassifikatsioon eeldab, et õli on enne API klassi kinnitamist läbinud täpselt kindlaks määratud katsed. Mootoriõlide nõudeid ei ole tänapäevaste mootorite karmimate tingimuste tõttu mitte ainult kõrgendatud, vaid juurde on ka lisatud palju uusi nõudeid, mis on seotud mootorite hooldusega, ökonoomsusega, keskkonnaprobleemidega ja ressursisäästlikkusega. API klassifikatsioon on avatud, võimaldades lisada uusi klassi, endisi muutmata või likvideerimata. Hetkel on kasutusel 1980. aasta klassifikatsioon API 1509, milles tähistatakse mootoriõlide kasutuseklasse suurtähtedega (tabel 3.3). [11]

Tabel 3.3 Mootoriõlide API kategooriate S ja C klassid [11]

Ottomootoriõlide klassid	Diiselmootoriõlide klassid
SA*	CA*
SB*	CB*
SC*	CC*
SD*	CD*
SE*	CD2*
SF*	(CD+)*
SG*	CE*
SH*	CF*
SJ	CF-2*
SL	CF-4*
SM	CG-4*
SN	CH-4
SP	CI-4
	CI4 Plus
	CJ-4
	CK-4

Märkus: aegunud mootoriõlide klassid on tähistatud tärniga (*)

Esimene täht tabelis näitab kategooriat ehk mootorit, milles õli sobib kasutada: S (*spark ignition* ehk sädesüüde) tähendab bensiinimootorit, kus mootoriõli kasutatakse sõiduautode ja kaubikute bensiinimootorites; C (*compression igniton* ehk kompressioonsüüde) all on mõeldud diiselmootorit, kus mootoriõli kasutatakse veo- ja sõiduautode, busside, metsa- ja põllumajandusmasinate diiselmootorites. Teine täht märgib ära mootoriõli kvaliteedi ja võimsuse ning näitab, kus seda õli võib kasutada. Seega tähed määravad ära kasutusklassi ning keerukusastme, mida iseloomustab selle klassi spetsifikatsioon. Mootoriõli, mida saab kasutada bensiinimootoris kui ka diiselmootoris märgistatakse kahetäheliselt, näiteks CJ-4/SN.

4. MOOTORIÕLIDE KVALITEEDINÄITAJATE TESTIMINE

4.1 Välimus

Mootoriõli välimus on oluline näitaja hindamaks selle kvaliteeti. On teada, et õli seismisel lisaks muutuvate näitajate tiheduse, kinemaatilise viskoossuse, veesisalduse, oksüdatsioonikindluse, happesuse ja tahkete osiste sisalduse jt näitajate kõrval on välimus esmaseks õli iseloomustajaks. Välimust hinnatakse visuaalselt ASTM D 4176 järgi. Mootoriõlisisid vaadeldakse vastu valgust 250 cm³ silindris.[12]

Alljärgnevas tabelis 4.1 on toodud tulemused. Õlid valati 250 cm³ mõõtsilindrisse ja vaadati vastu valgust, ega õlis ei sisaldu vett ega tahkeid osiseid.

Tabel 4.1 Välimus

Õli	Tulemus
Lotos Oil 5W40, sünteetiline A3/B4/ E7	pruunikas kollane tumedam õli, vaba veeta, osisteta
Mannol 5W40, sünteetiline B4/A3	hele kollane, selge, läbipaistev, vaba veeta, osisteta
Yacco Galaxie 5W 40, sünteetiline esterõli GT	hele kollane, selge, läbipistev, osisteta, vaba veeta

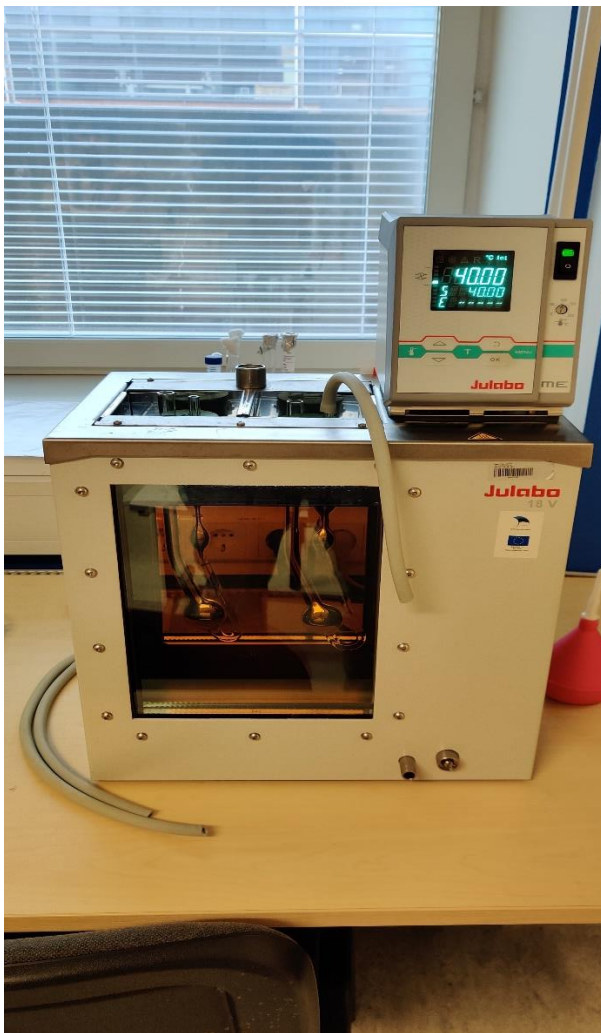


Joonis 4.1 Vasakult paremale: Yacco Galaxie 5W40 , Mannol 5W40 ja Lotos Oil 5W40

4.2 Kinemaatiline viskoossus 40°C ja 100°C juures

Mootoriõli tähtsaim omadus on viskoossus ehk mootoriõli voolavuse määr kindlal temperatuuril. Viskoosne mootoriõli voolab aeglaselt ja raskelt (suur viskoossus), kui mootoriõli voolab kiirest, on tegemist väheviskoosse õliga. Mootoriõli peab olema paraja viskoossusega, et pidada vastu temperatuuridele ja mootori koormustele. Temperatuuri tõustes viskoossus väheneb (õli vedeldub) ning temperatuuri langedes suureneb (õli pakseneb). Mootoriõli viskoossusest sõltub mootori töötavate detailide kulumine, mootori käivitamine, õlikulu. [13]

Kütuselaboris mõõdeti mootoriõli kinemaatilist viskoossust Cannon – Fenske Routine kapillaarviskosimeetri abil (joonis 4.2). Julabo termostaati hoiti ühel mõõtmisel 40 °C ning teisel katsel 100 °C juures ning määrati stopperiga aeg, mis kulus õlil voolamiseks läbi peenikese kapillaarviskosimeetri ühest märgist teiseni.



Joonis 4.2 Cannon – Fenske Routine kapillaarviskosimeeter koos termostaadiga

Kinemaatiline viskoossus arvutatakse valemiga:

$$v = C \cdot t, \quad (4.1)$$

kus : v – kinemaatiline viskoossus mm^2/s kohta

C – viskosimeetri kalibreerimise konstant mm^2/s^2 (konstant on kirjutatud viskosimeetri passi)

t – läbivoolu aeg sekundites

Mootoriõli Mannol Diesel Turbo 5W40

Viskosimeetri konstant $C_{40} = 0,2483 \text{ mm}^2/\text{s}^2$

Keskmine läbivoolu aeg $t = 329,49 \text{ s}$

Kinemaatiline viskoossus $v_{40} = C \cdot t = 0,2483 \cdot 329,48 = 81,81 \text{ mm}^2/\text{s}$

Viskosimeetri konstant $C_{100} = 0,2472 \text{ mm}^2/\text{s}^2$

Keskmine läbivooluaeg $t = 54,19 \text{ s}$

Kinemaatiline viskoossus $v_{100} = C \cdot t = 0,2472 \cdot 54,19 = 13,39 \text{ mm}^2/\text{s}$

Mootoriõli Yacco Galaxie GT 5W40

Viskosimeetri konstant $C_{40} = 0,2320 \text{ mm}^2/\text{s}^2$

Keskmine läbivoolu aeg $t = 380,58 \text{ s}$

Kinemaatiline viskoossus $v_{40} = C \cdot t = 0,2320 \cdot 380,58 = 88,29 \text{ mm}^2/\text{s}$

Viskosimeetri konstant $C_{100} = 0,2307 \text{ mm}^2/\text{s}^2$

Keskmine läbivooluaeg $t = 63,21 \text{ s}$

Kinemaatiline viskoossus $v_{100} = C \cdot t = 0,2307 \cdot 63,21 = 14,58 \text{ mm}^2/\text{s}$

Lotos Oil Diesel Fleet 5W40

Viskosimeetri konstant $C_{40} = 0,2483 \text{ mm}^2/\text{s}^2$

Keskmine läbivoolu aeg $t = 361,21 \text{ s}$

Kinemaatiline viskoossus $v_{40} = C \cdot t = 0,2483 \cdot 361,21 = 89,69 \text{ mm}^2/\text{s}$

Viskosimeetri konstant $C_{100} = 0,2472 \text{ mm}^2/\text{s}^2$

Keskmine läbivooluaeg $t = 57,38 \text{ s}$

Kinemaatiline viskoossus $v_{100} = C \cdot t = 57,38 \cdot 0,2472 = 14,18 \text{ mm}^2/\text{s}$

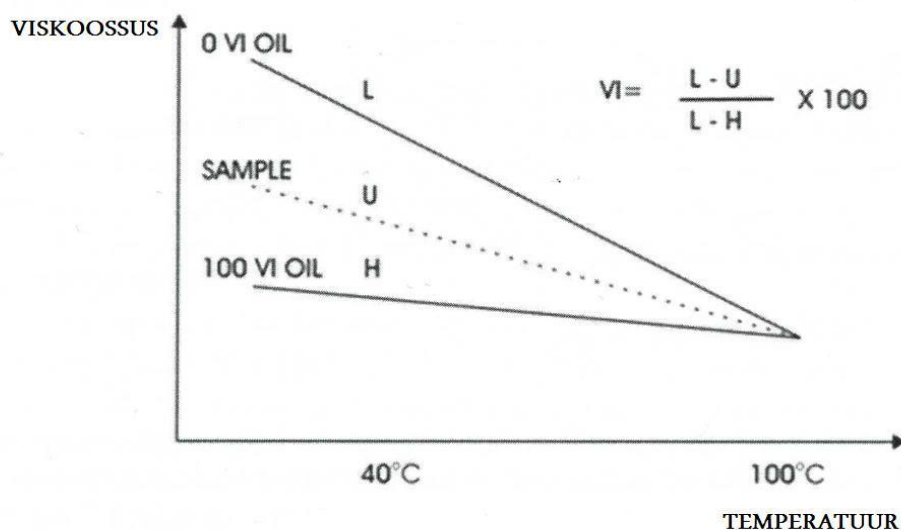
Tabel 4.2 Kinemaatilised viskoossused 40 °C ja 100 °C juures

Õli	$v_{40} \text{ }^{\circ}\text{C, cSt}$	$v_{100} \text{ }^{\circ}\text{C, cSt}$
Lotos Oil 5W40, sünteetiline A3/B4/ E7	89,69	14,18
Mannol 5W40, sünteetiline B4/B3	81,81	13,39
Yacco Galaxie 5W 40, sünteetiline esterõli GT	88,29	14,58

Kõige väiksem viskoossuse muutus 40 °C juurest 100 °C juurde on Yacco Galaxie õlil, mis viitab, et kõnealune mootoriõli on testitud toodetest parim.

4.3 Viskoossusindeks

Uuritava õli viskoossusindeksi (VI) saab leida võrreldes tema viskoossusi kahe etalonõliga. Etalonõlideks on kaht liiki õlid: ühed, mis muudavad tugevasti oma viskoossust sõltuvalt temperatuurist (nende VI on 0), ja teised, mis muudavad oma viskoossust suhteliselt vähe (nende VI on 100 ja enam). Naftaproduktide viskoossusindeksi arvutamine on esitatud standardiga ASTM D 2270. Graafiline esitus joonisel 4.3. [14]



Joonis 4.3. Viskoossusindeksi arvutamine [ASTM D 2270]

Naftaproduktide viskoossusindeksi arvutamine ASTM D 2270 kinemaatiliste viskoossuste järgi 40°C ja 100°C juures:

Kui naftaproducti viskoossusindeks on 100°C juures $\leq 70 \text{ mm}^2/\text{s}$ (cSt), siis VI arvutatakse valemist: $VI = \frac{L-Y}{L-H} \cdot 100$, kus (4.2)

L – õli kinemaatiline viskoossus 40°C juures, mille VI = 0 ja 100°C juures omab samasugust kinemaatilist viskoossust kui uuritav õli (mm^2/s , cSt);

H – õli kinemaatiline viskoossus 40°C juures, mille VI = 100 ja 100°C juures omab samasugust kinemaatilist viskoossust kui uuritav õli (mm^2/s , cSt);

Y – õli kinemaatiline viskoossus 40°C juures.

Vastavad L ja H võetakse tabelist. Kui mõõdetud kinemaatilise viskoossuse väärtused ei lange täpselt tabelis toodutega kokku, kasutatakse lineaarset interpolatsiooni.

Kui naftaproducti viskoossusindeks on 100 või kõrgem, arvutatakse õli viskoossusindeks ASTM D 2270 järgi. Kui viskoossusindeks on > 100 ning kinemaatiline viskoossus on 100°C juures väiksem kui $70 \text{ mm}^2/\text{s}$, siis H väärtus saadakse tabelist. Kui täpset H vastet tabelis pole, saadakse see lineaarse interpolatsiooni kaudu. Viskoossusindeksi leidmiseks on valem:

$$VI = [((\text{anti log } N) - 1)/0,00715] + 100 \quad (4.3)$$

$$N = \frac{(\log H - \log U)}{\log Y} \quad (4.4)$$

Yacco Galaxie GT 5W40

$$N = \frac{(\log H - \log U)}{\log Y} = \frac{\log 143,328 - \log 88,29}{\log 14,58} = \frac{2,156 - 1,945}{1,165} = 0,1813$$

$$VI = [((\text{anti log } N) - 1)/0,00715] + 100 \\ = [((\text{anti log } 0,1813) - 1)/0,00715] + 100 = 172$$

Mannol Diesel Fleet 5W40

$$N = \frac{(\log H - \log U)}{\log Y} = \frac{\log 127,832 - \log 81,81}{\log 13,39} = \frac{2,106 - 1,913}{1,127} = 0,1712$$

$$VI = [((\text{anti log } N) - 1)/0,00715] + 100 \\ = [((\text{anti log } 0,1712) - 1)/0,00715] + 100 = 167$$

Lotos Oil 5W40

$$N = \frac{(\log H - \log U)}{\log Y} = \frac{\log 137,92 - \log 89,69}{\log 14,18} = \frac{2,1396 - 1,9527}{1,15} = 0,1625$$

$$VI = [((anti \log N) - 1) / 0,00715] + 100$$

$$= [((anti \log 0,1625) - 1) / 0,00715] + 100 = 163$$

Tabel 4.3 Viskoossusindeksid

Õli	Väärtus
Yacco Galaxie GT 5W40	172
Mannol Diesel Fleet 5W40	167
Lotos Oil 5W40	163

4.4 HTHS viskoossus

Tänapäevaste õlide oluline kvaliteedinäitaja on HTHS-viskoossus (*High Temperature – High Shear*), dünaamiline viskoossus, mis kirjeldab õli voolavust 150°C juures ja suurel nihkekiirusel ehk mootori suurtel pööretel. HTHS tagab õlikile survetaluvisuse laagripindadel ja SAE J300 standardis nõutud HTHS-viskoossuse miinimumväärtused garanteerivad stabiilse õlikelme moodustamise ka kõrgetel temperatuuridel ja suurtel kiirustel, tagades kulumiskaitse ka äärmuslikes tingimustes. Uute SAE 8, SAE 12 ja SAE 16 klasside kasutuselevõtt tulenes nõudlusest veelgi kütusesäästlikumate õlide järele. SAE 16 viskoossusklassil on see miinimum 2,3 mPa·s. Veel kahel lisandunud klassidel SAE 8 ja SAE 12 on kinemaatilised viskoossused 100 °C juures 4,6 mm²/s⁻¹ - 6,1 mm²/s⁻¹ ja HTHS-viskoossused vastavalt 1,7 mPa·s ning 5,0 mm²/s⁻¹ - 7,1 mm²/s⁻¹ ja 2,0 mPa·s (tabel 3.1). Väiksemad kinemaatilise viskoossuse väärtused viitavad sellele, et õlid on vedelamad, mis omakorda tähendab, et hõõrdekaod on väiksemad. Ka HTHS viskoossuste puhul on näha, et lisandunud viskoossusklassidel on see väiksem, kui on SAE 20 õlil. Väiksemad väärtused tähendavad aga suuremat kütusesäästu, paremat kulumiskaitset ja vähem CO₂ heitmeid. Mootoriõli viskoossuse vähenedes kõrgetel temperatuuridel väheneb mootoris hõõrdekaadu, vähem energiat muundub soojuseks, mootori kasutegur suureneb ja kütusekulu väheneb.[16]

Tabel 4.4 Mootoriõlide HTHS väärtused*

Õli	HTHS, 150 °C 10 ⁶ /s
Lotos Oil 5W40, sünteetiline A3/B4/E7	3,97 mPa·s
Mannol 5W40, sünteetiline B4/A3	ei tellitud
Yacco Galaxie 5W 40, sünteetiline esterõli GT	4,14 mPa·s

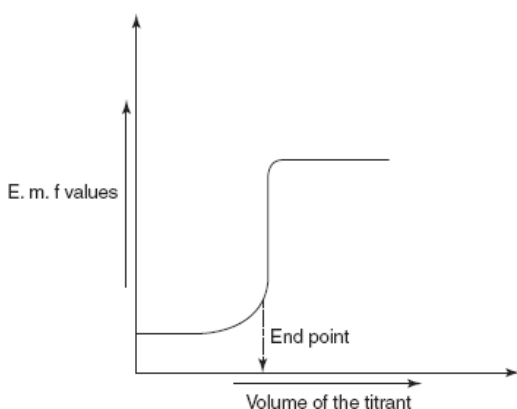
*- Neste Oyj laboratooriumi Certificate of Analyses TT-20-003721

4.5 Leelisarv

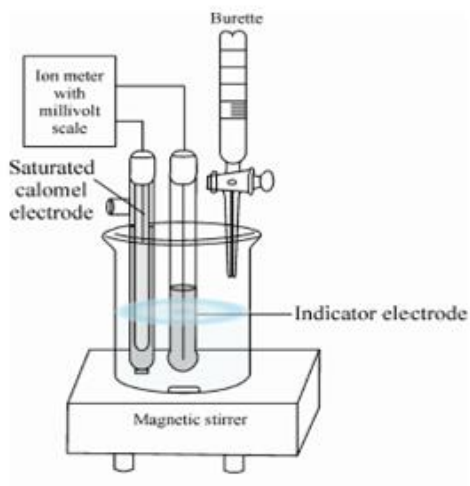
Üldleelisarv ehk leelisarv (*TBN – Total Base Number*) on mootoriõli leelisereservi näitav, mida väljendatakse kaaliumhüdroksiidi milligrammide arvuna ühe grammi õliproovi kohta (mg KOH/g). [16]

Mootori töötades happeliste jääkproduktide neutraliseerimisel väheneb mootoriõli leelisarv. Värskes õlis ei saa leelisarvu lõpmatult tõsta, sest lisatavad manused on metallorgaanilised ühendid, mis võivad põhjustada tahkete sadestiste teket mootoriõlisse ning põhjustada seeläbi mootori kulumist. TBN on mootoriõlide oluline näitaja, mille väärtus varieerub sõltuvalt selle rakendusest. Leelisarv jääb tänapäevastes määrdeainetes tavaliselt vahemikku 6-8 mg KOH/g, üldise sise põlemismootori puhul 7-10 mg KOH/g ja diiselmootorite õlide puhul 10-15 mg KOH/g. Kõrgemad TBN väärtused on kavandatud tööperioodi pikendamiseks karmides töötingimustes, enne kui määrdeaine vajab asendamist. [16]

Leelisarvu määramist värvusindikaator meetodil sünteetiliste mootoriõlide puhul ei kasutata, sest värvuse üleminekud pole jälgitavad. Ka töötanud õlis on võimatu leelisarvu määrata, sest diisel- ja gaasimootorites õli mustub. Leelisarvu on võimalik määrata otsese potentsiomeetrilise tiitrimise, termilise triitrimisega ja teiste meetoditega. Potentsiomeetrilisel tiitrimisel mõõdetakse uuritavas lahuses titrandi lisamise toimet tekkivat elektrilise potentsiaali muutust, tiitrimise lõpp-punkti potentsiaali hüpet. Lõputöös kasutati leelisarvu määramiseks otsest potentsiomeetri meetodit ja mõõteriistana Bench XS seadet, mis võimaldab mõõta elektrootide potentsiaalide vahet ehk süsteemi elektromotoorjõudu (E). Elektrootiks oli Standard ORP elektroot. Joonisel 4.5 on toodud potentsiomeetrilise tiitrimise graafik ja joonisel 4.5.1 meetodi põhimõte. Joonisel 4.5.2 on esitatud Bench XS seade. [16]



Joonis 4.5 Potentsiomeetriline tiitrimise graafik [17]



Joonis 4.5.1 Otsese potentsiomeetrilise tiitrimise seadme skeem [18]



Joonis 4.5.2 Bench XS seade

Käesolevas töös lahustati ligikaudu 2 g õliproovi 100 ml-s solvendis, mis sisaldas 50 ml tolueni, 49.5 ml 2-propanooli ja 0.5 ml destilleeritud vett. Titrandina kasutati 0,1 N HCl.

Tiitrimise andmetest arvutati õlide leelisarvud Standardi ISO 6618 järgi, mis on näidatud tabelis 4.5.

$$BN = \frac{(V_{StHCl} \cdot C_{HCl}) + (V_0 \cdot C_{KOH})}{m} \cdot 56,11 \quad (4.5)$$

Yacco Galaxie 5W40 GT õli

$$BN = \frac{(V_{StHCl} \cdot C_{HCl}) + (V_0 \cdot C_{KOH})}{m} \cdot 56,11 = \frac{(3,2 \cdot 0,1) + (0,11 \cdot 0,1)}{2,0578} \cdot 56,11 = 9,02 \text{ mg KOH/g}$$

Mannol Turbo Diesel

$$BN = \frac{(V_{StHCl} \cdot C_{HCl}) + (V_0 \cdot C_{KOH})}{m} \cdot 56,11 = \frac{(3,24 \cdot 0,1) + (0,11 \cdot 0,1)}{2,0578} \cdot 56,11 = 9,29 \text{ mg KOH/g}$$

Lotos Oil Diesel Fleet

$$BN = \frac{(V_{StHCl} \cdot C_{HCl}) + (V_0 \cdot C_{KOH})}{m} \cdot 56,11 = \frac{(3,38 \cdot 0,1) + (0,11 \cdot 0,1)}{2,0578} \cdot 56,11 = 9,52 \text{ mg KOH/g}$$

Tabel 4.5 Mootoriõlide leelisarvud

Õli	mg KOH/g
Yacco Galaxie 5W40 GT õli	9,02
Mannol Turbo Diesel	9,29
Lotos Oil Diesel Fleet	9,52

4.6 Tihedus

Mootoriõli tihedus, on ühetaolise aine ruumala ühiku mass valitud temperatuuril. Tiheduse mõõtühikuks on SI süsteemis kg/m³. Tiheduse järgi saab ligikaudselt hinnata mootoriõli kvaliteeti, väiksem tihedus näitab, et mootoriõli on toodetud paremast toormest ning hoolikamalt rafineeritud. Mootoriõli tihedused jäävad vahemikku 820 kg/m³ - 950 kg/m³ sõltuvalt nende viskoossusest ja kvaliteedist. Tiheduse mõõtmine teostati digitaalselt *Rudolph Research Analytical Automatic Density Meter* iiga standardi EVS-EN ISO 12185 nõuete järgi ja tulemused on esitatud tabelis 4.6. [19]

Tabel 4.6 Mootoriõlide tihedused 20°C juures

Õli	$\rho_{20^{\circ}\text{C}}$ juures, kg/m ³
Lotos Oil 5W40, sünteetiline A3/B4/ E7	858,6
Mannol Turbo Diesel 5W40 B4/A3	825,3
Yacco Galaxie 5W 40, sünteetiline esterõli	857,2

4.7 Hangumispunkt

Hangumispunktiks nimetatakse temperatuuri, millest madalamal õli kaotab voolavuse raskusjõu mõjul. See on temperatuur, mille juures õli ei ole enam valatav. Hangumispunkti testiti ASTM D 97 järgi. Katseklaasis olevat mootoriõli aeglaselt jahutades kallutatakse katseklaasi aeg-ajalt püsti asendist 45° nurga alla ja hoitakse nii 5 sekundit. Kui mootoriõli pind (nivoo) katseklaasis liigub, jätkatakse jahutamist kolmekraadiste vahedega, kuni saavutatakse temperatuur, mille juures pind 45° nurgani kallutamisel jääb minuti jooksul paigale. Kuna mootoriõli koosneb baasõlist ja mitmetest juurde lisatud manustest, siis õli ei tahkestu ühes punktis, vaid temperatuuride vahemikus. Hangumispunkti testitakse 3°C kaupa ja ASTM D 97 järgi esitatakse õli hangumispunkt 3°C võrra kõrgem saadud hangumispunktist. [20]

Tabel 4.7

Õli	Hangumispunkt, °C
Lotos Oil 5W40, sünteetiline A3/B4/E7	-39
Mannol 5W40 B4/A3	-42
Yacco Galaxie 5W40, sünteetiline esterõli	-39

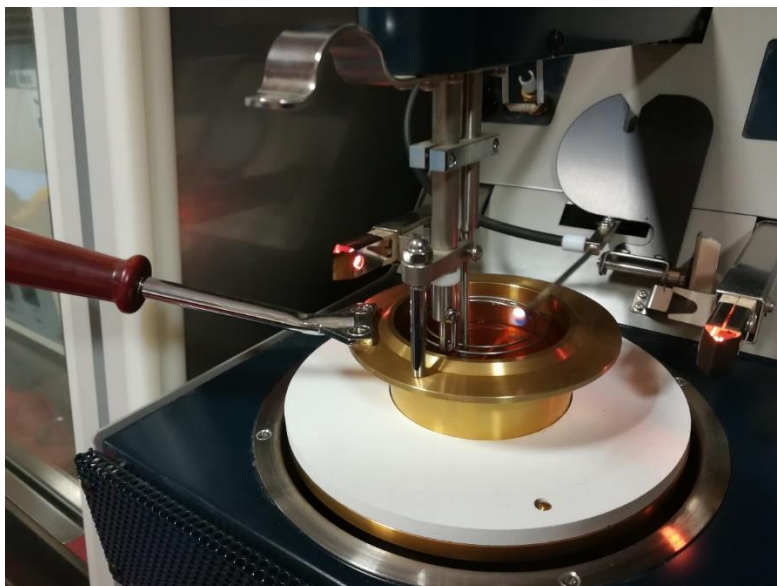
4.8 Leekpunkt

Leekpunkt on madalaim temperatuur, mille juures mootoriõli kuumutamisel kütuse ja õli aurud hetkeks süttivad lahtise leegi juurde viimisel. Mootoriõlide leekpunkt peab olema piisavalt kõrge, üle 200 °C, madala leekpunktiga mootoriõliledele on iseloomulik õlikulu ning nad saastavad mootorit tahma ning muude põlemissaadustega. Mootoriõlised, mille leekpunkt jääb vahemikku 220 °C – 300 °C, peetakse väga headeks õlideks. Mida suurem on mootoriõli viskoossus, seda suurem on ka leekpunkt, suvistel mootoriõlidel on leekpunktid kõrgemad kui talvistel või aastaringsetel mootoriõlidel. Mootoriõlide leekpunkt testiti ASTM D 92 järgi *Cleveland Open Cup* (COC) lahtises tiiglis. Leekpunkti määramiseks valati õli seadme anumasse ettenähtud piirini ning hakati katseõli kuumutama.

Paarkümmend kraadi enne eeldatavat leekpunkti jõudmist sooritati iga 3 kraadi tagant katse süüdata katseõli kuni süttimiseni. Katsetulemused on märgitud tabelis 4.8. [21]

Tabel 4.8 Mootoriõlide leekpunktid

Õli	Leekpunkt, °C
Lotos Oil 5W40, sünteetiline A3/B4/ E7	219
Mannol 5W40 sünteetiline B4/A3	216
Yacoo Galaxie 5W 40, sünteetiline esterõli	225



Joonis 4.8 Leekpunkti määramise automaatne seade TANAKA APM-7

4.9 Sulfaatne tuhasisaldus

Mootoriõli sulfaatne tuhasisaldus on otseselt seotud mootoriõlisse tekkiva happe neutraliseerimise võimalustega (BN- *Base Number-Leelisarv*), sest suurem osa mootoriõli BN-st pärineb metalli sisaldavatest detergentidest. Üldiselt, mida suurem on mootoriõli leelisarv BN, seda suurem on selle tuhasisaldus ja seda suurem on võime vältida happelist korrosiooni mootoris.

Termin sulfaatne tuhasisaldus viitab metallielementide kogusele mootoriõlides, mis on enamasti põhjustatud ka mootoriõli pesemisvõimest ja kulumisvastasest toimest. Need lisaainete kooslused võivad sisaldada mitmel metallil nagu baarium, kaltsium, magneesium, tsink, kaalium, naatrium, tina põhinevat komponenti. Need elemendid võivad olla kombineeritud väävli, fosfori ja klooriga. Kuna kolvirõngaste vahel pole kunagi võimalik saavutada 100-protsendilist tihendust, satub põlemisse teatud kogus mootoriõli. Kui

mootoriõli siseneb põlemiskambrisse ja põleb, moodustab selle jääk tuhataolise materjali. Lisaks nendele sadestustele võivad määrdeõli lisaainetes sisalduvad anorgaanilised ühendid põlemisel oksüdeeruda ja tekitada metalloksiidi osakesi. Neid osakesi viiakse heitgaasiga kaasa diislikütuse tahkete osakeste filtrile. Neid tuhaosakesi ei saa filtri regenereerimise teel eemaldada, kuna need pole põlevad. Tuhaosakeste kuhjumine põhjustab filtri ummistumist, mis suurendab mootori vasturõhku, suurendab kütusekulu ja vähendab võimsust. Tuha kogunemine nõuab ka tahkete osakeste filtrite sagedasemat puhastamist mehaaniliste vahenditega, näiteks suruõhu või vee impulssmeetodiga. Sulfaatsed tuhasisaldused määrati ASTM D 874 järgi, mis on ettenähtud kasutamata mootoriõlide testimiseks. Meetod seisneb selles, et proovi mass põletatakse süsinikjäägini. Pärast jahutamist jääki töödeldakse kontsentreeritud väävelhappega ja kuumutatakse 775°C juures süsiniku täieliku oksüdeerumiseni. Seejärel tuhki jahutatakse, töödeldakse lahjendatud väävelhappega ja kuumutatakse 775°C juures konstantse massini. [22]

Sulfaatne tuhasisaldus: proovi karbonisatsiooni jääk, mida töödeldi väävelhappega ja kuumutati püsiva massini.

Proovi kaalutis arvutati lähtuvalt oodatavast sulfaatsest tuhasisaldusest $m_1 = \frac{10}{m_0}$, (4.6)

kus;

m_0 = eeldatav sulfaatne tuhasus, massi%

m_1 = testitava proovi mass.

Eeldati, et õli tuhasisaldus on 1 massi%, siis võeti prooviks 10 g uuritavat õli.

Tuhasisaldus avaldub:

$$A = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100, \quad (4.7)$$

kus A on kütuse tuhasisaldus massi järgi %;

m_0 – põletatud õliproovi mass g;

m_1 – tuha mass g.

Mootoriõlid põletatakse toatemperatuuril, millele järgneb tuhastamine muhvelahjus 775°C juures 10 minuti jooksul. Sellele järgneb kvartstiigli jahutamine eksikaatoris ning kaalumine.

Õli mass $m_0 = 10$ g, kaalumine 0,0002 g täpsusega.

$$\text{Arvutuskäik : } A = \frac{m_1}{m_0} \cdot 100$$

Arvutused:

Yacco GALAXIE

$$\text{Proovi võtta } \frac{10}{0,9} = 11,1 \text{ g}$$

$$\text{Proovi kaalutis } 11,1698 \text{ g}$$

$$\text{Tiigel + tuhk} = 35,9658 \text{ g}$$

$$\text{Tiigli kaalutis} = 35,8641 \text{ g}$$

$$\text{Tuhka seega } 0,1017 \text{ g}$$

$$\text{Tuhasisaldus: } A = \frac{0,1017}{11,1698} \cdot 100 = 0,91 \text{ massi\%}$$

Lotos Oil DIESEL FLEET

$$\text{Proovi võtta } \frac{10}{1,65} = 6,1 \text{ g}$$

$$\text{Proovi kaalutis } 6,1765 \text{ g}$$

$$\text{Tiigel + tuhk} = 35,1858 \text{ g}$$

$$\text{Tiigli kaalutis} = 35,0885 \text{ g}$$

$$\text{Tuhk} = 35,1858 - 35,0885 = 0,0939 \text{ g}$$

$$\text{Tuhasisaldus: } A = \frac{0,0939}{6,1765} \cdot 100 = 1,52 \text{ massi\%}$$

Mannol TURBO DIESEL

$$\text{Proovi võtta } \frac{10}{1,6} = 6,25 \text{ g}$$

$$\text{Proovi kaalutis } 6,2270 \text{ g}$$

$$\text{Tiigel + tuhk} = 33,9506 \text{ g}$$

$$\text{Tiigli kaalutis} = 33,8596 \text{ g}$$

$$\text{Tuhk} = 33,9506 - 33,8596 = 0,0910 \text{ g}$$

$$\text{Tuhasisaldus: } A = \frac{0,0910}{6,2270} \cdot 100 = 1,46 \text{ massi\%}$$

Tabel 4.9 Mootoriõlide sulfaatsed tuhasisaldused

Õli	Sulfaatne tuhasisaldus, % massist
Lotos Oil 5W40, sünteetiline A3/B4/ E7	1,52
Mannol sünteetiline 5W40 B4/A3	1,46
Yacoo Galaxie 5W 40, sünteetiline esterõli	0,91

Yacco Galaxil saadi madalaim ja Lotos Oili õlil kõrgeim sulfaatne tuhasisaldus.

5. KATSETULEMUSTE ARUTELU JA SOOVITUSED

Kütuselaboris uuriti kolme uut kasutamata mootoriõli viskoossusega 5W40: Yacco GALAXIE GT 100% esterõli, Lotos Oil Synthetic DIESEL FLEET A3/B4 ja Mannol sünteetilisest DIESEL TURBO B4/A3.

Yacco GALAXIE GT valiti Elva driftisõitjate ütluste tõttu, et olevat väga heade omadustega mootoriõli, mida driftimisel kasutatakse. Yacco GALAXIE õli osutus võimalikuks saada Randesko AS-ist, kes on Prantsuse mootoriõli edasimüüja Eestis alates 2017.aastast. Saadud Yacco Galaxie GT on nii tänavasõidu kui ringrajasõidu mootoriõli viskoossusklassiga 5W40. Mootoriõli on 100% sünteetiline esterõli suure võimsusega mootoritele. Tagab kiire külmkäivituse, aga ka kaitse väga kõrgetel temperatuuridel. Õlil on suurepärane termostabiilsus ennetamaks sadestiste tekkimist mootoris. Õlil on väga madal aurustumiskadu tagades madala õlikulu.

Võrdluseks valiti sama viskoossusklassiga Poola Lotos Oil Synthetic DIESEL FLEET ja Mannoil sünteetiline DIESEL TURBO. Mootorite jõudluse/võimsuse järgi valiti õlid ACEA 2016 klassifikatsiooni A3/B3 või A3/B4.

Välimuse järgi on Yacco GALAXIE GT (YG) ja Mannol DIESEL TURBO (MDT) helekollased, Lotos DIESEL FLEET (LDF) pruunikas kollane tumedam õli (joonis 4.1).

Tihedused saadi vastavalt YG- $\rho_{20}=857,2 \text{ kg/m}^3$, LDF- $\rho_{20}=858,6 \text{ kg/m}^3$, MDT- $\rho_{20}=825,3 \text{ kg/m}^3$.

Mootoriõlide nagu ka kõigi teiste õlide kõige tähtsamad näitajad on viskoossused ja viskoossusindeks. Viskoossuse vastandomadus on voolavus ehk sisehõõrdumine, mille järgi enamikel juhtudel toimub ka õlide markeerimine. Viskoossust võib määratleda kui tema vastupanuvõimet voolamisele, mis on tingitud molekulide sisehõõrdumisest. Kõikide naftasaaduste, kaasaarvatud õlide puhul, viskoossuse muutuse seadus on ühesugune: mida madalam on temperatuur, seda suurem on viskoossus (molekulide vaheline vastastikune mõju kasvab) ja vastupidi. Viskoossuse muutuse intensiivsus sõltub õli keemilisest süsivesinik koostisest.

Käesolevas töös testiti kahte sünteetilisest õli: YG- 100% esterõli, Mannol DT-sünteetiline mootoriõli, mis on välja töötatud kaasaegsetele forsseeritud turbodiisel mootoritele, kasutatav ka bensiinimootorite jaoks. Kindlustab erakordse mootoridetailide puhtuse.

Lotos DF on poolsünteetiline mootoriõli, mis on toodetud sünteetiliste süsivesinike baasil ning toorõlist saadud molekulaarselt muudetud ja valikuliselt rafineeritud ning hüdrorafineeritud õli destillaatidest. Need sisaldavad hoolikalt valitud antioksüdatsiooni- ja korrosioonivastaste lisandite paketti, samuti lisaaineid, mis parendavad mootori pesemisvõimet ja osakeste hajutamist, määrimist, viskoossust ja temperatuuriomadusi.

Õlide kinemaatilised viskoossused 40 °C juures saadi Yacco Galaxy õlil 88,29 mm²/s, Lotos Oil 86,69 mm²/s, Mannol 81,81 mm²/s ja 100 °C juures vastavalt 14,58 mm²/s, 14,18 mm²/s ja 13,39 mm²/s. Yacco Galaxie GT õli paremust näitas õli viskoossuse muutus 40 °C juurest 100 °C juurde, mis oli 6,06 × ja oli kõige madalam võrreldes teiste mootoriõlidega: 6.11 × Mannol õlil ja 6,33× Lotos oil õlil.

Õlide standardites esitatakse viskoossus-temperatuuri omaduste iseloomustamiseks viskoossusindeks VI (*Viscosity Index*). Viskoossusindeks on suhteline suurus, mis näitab viskoossuse muutuse astet sõltuvalt temperatuurist. VI arvutati ASTM D 2270 järgi kinemaatiliste viskoossuste kaudu. Testimisel saadi järgmised viskoossusindeksid: Lotos DL-163, Yacco GALAXIE-172, Mannol TD- 167. Viskoossusindeksid näitavad, et kõik need õlid on toodetud ekstra (üli-) kõrge viskoossusindeksiga baasõlidest, nende XHVI ehk (EHVI) (*Ekstra High Viscosity Index*) on kõrgem kui VI>140. Viskoossusindeksite võrdlusest tuleneb, et Yacco Galaxie viskoossus sõltub kõige vähem temperatuurist.

Mootoriõlide oluline kvaliteedinäitaja – HTHS-dünaamiline viskoossus 150 °C juures nihkepingel 10⁶/s testiti kahel mootoriõlil, Yacco Galaxie GT ja Lotos Oil Diesel Fleet õlil. Veidi kõrgem HTHS-dünaamiline viskoossus saadi Yacco Galaxie GT õlil – 4,14 mPa·s @ 150°C ja Lotos Oil õlil 3,97 mPa·s @ 150°C. HTHS test näitas, et Yacco Extreme GT mootoriõli tagab suurema õlikile survetaluvisuse laagripindadel võrreldes Lotos Oil õliga, sest viskoossusklassiga 5W40 õli HTHS nõue on min 3,5 mPa·s (vt tabel 3.1 ja Neste OYJ analüüsi sertifikaati, Lisa C). Teisalt on kütusekulu ja keskkonna säästvuse poolest veidi paremad omadused Lotos Oil õlil. Uuematele sõidukitele alates 2015 aastast on välja töötatud uued õlid, mille HTHS väärtused on madalamad (vt tabel 3.1). Väiksemad väärtused tähendavad aga suuremat kütusesäästu, paremat kulumiskaitset, mootoris väiksemat hõõrdekadu, vähem energiat muundub soojuseks, mille tõttu mootori kasutegur suureneb ja kütusekulu väheneb.

Mida suurem on õli sulfaatne tuhasisaldus, seda suuremat leelisarvu on oodata. Seega LOTOS DF ja MANNOL DT, mille sulfaatsed tuhasisaldused olid vastavalt 1,52 % ja 1,46% massist, peaksid leelisarvud neil ka kõrgemad olema kui Yacco GALAXIE õlil, mille

tuhasisaldus oli 0,91%. Lotos Oili DF õlil saadigi leelisarvuks 9,52 mgKOH/g, MANNOL DT 9,29 mgKOH/g ja Yacco GALAXIE õlil 9,02 mgKOH/g.

Õlide leekpunkte võrreldes selgus, et Yacco Galaxy GT õlil on see kõrgem (225 °C), võrreldes Lotos Oil ja Mannol õlidega (219 °C ja 216 °C vastavalt). Kõrgem leekpunkt tagab väiksema õlikulu kasutamisel, sest õli lenduvus on väiksem. Tabelis 5.1 on toodud katsetatud mootoriõlide kvaliteedinäitajad kokkuvõtlikult.

Tabel 5.1 Mootoriõlide kvaliteedinäitajad kokkuvõtlikult

Kvaliteedinäitaja	ASTM meetod	ACEA norm	Lotos Oil 5W40	Mannol 5W40	Yacco Galaxie 5W40
Välimus			pruunikas kollane	hele kollane	hele kollane
Leekpunkt lahtine tiigel, °C	D92	min 200	219	216	225
Kinemaatiline viskoossus 40 °C juures, cSt (mm ² /s) 100 °C juures, cSt (mm ² /s)	D445		86,69 14,18	81,81 13,39	88,29 14,58
Viskoossusindeks	D2270		163	167	172
HTHS (<i>High Temp/High Shear viscosity</i>) mPa·s@150 °C	D4683	≥3,5	3,97	ei testitud	4,14
Tihedus, kg/m ³ 20 °C	D4052		857,2	825,3	858,6
Hangumispunkt, °C			-39	-42	-39
Sulfaatne tuhasisaldus, % massist	D874	1,65 max	1,52	1,46	0,91
Leelisarv (BN), mgKOH/g	ISO6619	min 9	9,52	9,29	9,02

Tabeli näitajatest selgub, et kõik kolm on väga heade omadustega mootoriõlid, mida näitab eelkõige viskoossusindeks. Viskoossusindeksid saadi vahemikus 163-173, mis on ekstrakõrge väärtusega. Sulfaatsed tuhasisaldused jäid kõigil kolmel õlil vastama ACEA – Euroopa mootoriõlide järjestuses esitatud normidele (tabel 5.2 ja 5.3).

Veidi suuremat õlikile survetaluvust laagripindadel (HTHS) näitas Yacco Galaxie mootoriõli võrreldes Lotos Oili õliga. Samal ajal Lotos Oili Diesel Fleet 5W40 õli pidi Poolas väljastatud deklaratsiooni järgi vastama nii ACEA A3/B4 kui ka suure jõudlusega veoautode E7 nõudmistele (vt tabel 5.2). Vastavust kontrolliti sulfaatse tuhasisalduse kaudu. Sulfaatseks tuhasisalduseks saadi õlile 1,52 massi%, mis täidab E7-16 esitatud nõuet ≤ 2.0 massi% (vt tabel 5.2).

Tabel 5.2 Suure jõudlusega diiselmootorite õlide lubatud sulfaatsed tuhasisaldused [10]

Suure jõudlusega diiselmootorid				
Property	Limits			
	E4-16	E6-16-	E7-16	E9-169
Sulphated Ash, % m/m	≤ 2.0	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 1.0

Tabel 5.3 Bensiini ja diiselmootorite õlide lubatud sulfaatsed tuhasisaldused [10]

Bensiini ja diislikütuse mootorid			
Näitaja	Limits		
	A3/B3-16	A3/B4-16	A5/B5-16
Sulphated Ash, % m/m	≤ 0.9 ja ≤ 1.5	≥ 1.0 ja ≤ 1.6	≤ 1.6

Yacco Galaxy GT eristub kahest võrreldud õlist selle poolest, et ringrajasõidu mootoriõliledele ei kehti katalüsaatoriga sõidukitele kehtestatud S, P, tuhasuse piirnormid. Võistlusõlid on seega koostatud arvestamata heitgaasiseadmete eluiga.

Edukaks driftiks kasutatakse mitmeid meetmeid. Eelpool töös on välja toodud, et drift ei ole otseselt võrreldav ringraja võidusõiduga. Siin vaheldub kiire maksimaalse võimsusega sõit näiteks 50 sekundit, sellele järgneb seisak kuni naastakse rajale. Mootoriõlisid spetsiaalselt driftiks otseselt ei ole vaja, sobilikud on ringraja mootoriõlid, aga kuna võistlussõidu stiil erineb sedavõrd ringraja- ja tänavasõidust, siis tuleb edukaks driftiks kasutada mitmesuguseid muid võtteid sõidukite modifitseerimiseks. Funk *Motorsport* firma on väljapakkunud mitmeid võimalusi driftiautode võidusõidu edendamiseks [23]:

1. Kuldne kuumpteip (*gold reflective heat tape*) vaheseinas või mootoriruumi ümber, mis aitab peegeldada soojust eemale, tekitades tule müüri juhi ja mootoriruumi vahel. Kuldset helkurlinti on lihtne sobitada mistahes kohta, mistahes kujuga sõiduki

komponendile, pakkudes samal ajal võimsaid tulemusi mõistliku hinnaga. Kuna võistlusautodel puudub salongis jahutus, võib valitsev kuumaväsimus põhjustada juhil olulise kontsentratsiooni puudumise.



Joonis 5.1 Kuldne kuumuse ärajuhtimise teip vaheseina või mootoriruumi ümbruse katteks [23]

2. Turbokate (*turbo jacket*) – maksimaalse jõudluse tagamiseks on pidevalt arendatud ja täiendatud turbokatteid, mis aitavad hoida heitgaase kuumana ning kiirendada kuumade gaaside väljumist vähendades samal ajal kapoti all temperatuuri. Sisselaskeava jahedana hoidmine ja turbokompressori töötamine eelistatud temperatuurivahemikus parandavad auto jõudlust ning samal ajal kaitsevad teisi komponente.



Joonis 5.2 Turbokate mootoriruumi temperatuuri vähendamiseks [23]

3. Sisselaske kaitse (*Intake protection*) – jahedam õhk sisselaskeavas annab põlemiskambris suurema plahvatuse, mis toob kaasa üldise jõudluse suurenemise.



Joonis 5.3 Sisselaske kaitse [23]

4. Kütuseelementide kaitsmiseks kasutatavad kuldsed peegeldavad kuumakaitse matid (*gold reflective heat blankets*) – mis kaitsevad kiirgussoojuse eest, aga ka konvektiivse soojusülekande eest. See tagab siseneva kütuse maksimaalse võimaliku jaheduse.



Joonis 5.4 Kütuseelementide kaitsmiseks kasutatavad kuldsed soojust peegeldavad matid [23]

5. Süütesüsteemi kaitse – süütesüsteem vastutab põlemistsükli energia algse käivitamise eest. Selle kahjustamisel või selle kulumise tekkimisel väheneb üksikust silindrist toodetud energia ja kahjustatakse üldist jõudlust. Süütesüsteemi

komponendid töötavad kuumades ning piiratud alades, mis võivad lõppeda kütuse mitte põlema süttimisega.



Joonis 5.5 Süütesüsteemi voolikute kaitse [23]

6. Õliliini kuumakaitse – õli täidab mootoris kahte ülesannet, ta määrib ja jahutab mootori sisemisi komponente. Kui mootoriõli temperatuur muutub väljapoole etteantud töötemperatuuri piire, muutuvad õli omadused ning õli muutub paksemaks või vedelamaks, mis võib põhjustada mootori ülekuumenemist või määrdevõime vähenemist. On välja töötatud soojuskaitseümbrised, mis suudavad neid liine kaitsta väliste soojusallikate eest ja hoida õlisüsteemi tõhusalt töös.



Joonis 5.6 Ümbris õlitoru kaitseks [23]

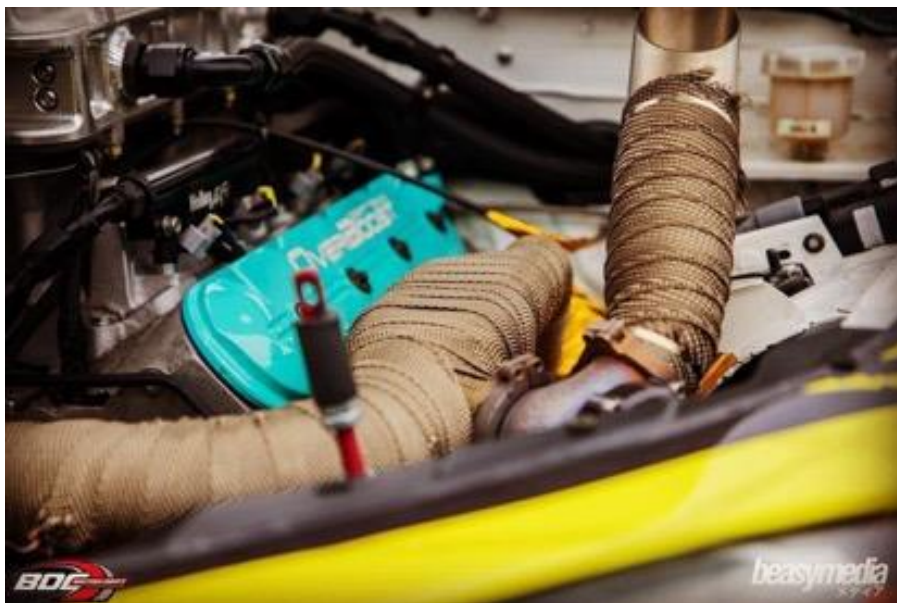
7. Kütuse auruluku kaitse – aurulukk tekib siis, kui kütus kuumeneb ja aurustub kütusevoolikus muutudes gaasiks, mis takistab kütuse nõuetekohast voolu. See

tekitab kütuse kohaletoimetamise katkestuse, mis võib põhjustada süütevaa või isegi mootori rikke.



Joonis 5.7. Auruluku vältimiseks mõeldud kaitseümbris [23]

8. Väljalasketoru kaitse (*exhaust blanket*) – gaasid liiguvad kiiremini, kui nad on kuumad. Temperatuur on vaja hoida üleval ning viia gaasid süsteemist välja nii kiiresti kui võimalik, minimeerides samal ajal soojusülekannet mootoriruumi.



Joonis 5.8 Väljalasketoru [23]

Eelpool mainitud tegevustega on võimalik suurendada jõudlust, kaitsta mootori komponente ning säilitada mootori töökindlust.

Drift on kallis spordiala mitmel põhjusel. Tippklassi SEMI-PRO ja PRO klassi autod on kallid. Mootoriõli ise saab olla üksnes kallis täissünteesiline esterõli. Yacco Galaxie Extreme GT õli on välja töötatud *Grand Tourer* võidusõiduautodele. *Grand Tourer* (GT) on sportautode tüüp, mis on loodud kiireteks lühiajalisteks sõitudeks kui ka pikamaa sõitmiseks, tänu suurele jõudlusele ja luksusomaduste kombinatsioonile. Selleks, et õlikilel oleks suur survetaluvus laagripindadel, on drifti A3/B3 või A3/B4 klassi mootoriõlid, mis ei säästa heitgaasi töötlemise seadmeid. Seega tuleb seadmeid sagedasti vahetada. GT sportautode võtmemõõdik on alati jõudlus, lisaks kiirus ja hea juhitavus. Seega GT sõiduki kolm peamist omadus on: võimas kõrgsuutlik mootor (205 hj bensiinimootoritel, 180 hj diiselmudelitel), madalama vedrustuse abil parandatud teelpüsivus ning juhi sportpakett *Driver Sport Pack*. Lühidalt- juhile on tagatud parem sõidunauding.[24]

KOKKUVÕTE

Bakalaureusetöös testiti ja võrreldi ringrajasõidu ning drifti Yacco Galaxie GT 5W40 kvaliteediomadusi Lotos DIESEL FLEET ja Mannol DIESEL TURBO 5W40 mootoriõlidega. Lisaks anti ülevaade driftist, mootoriõlide saamisest, omadustest, standardiseerimisest ja klassifitseerimisest. Eksperimentaalses osas teostati kolme erineva firma Lotos Oil DIESEL FLEET, Mannol DIESEL TURBO ja Yacco GALAXIE GT mootoriõli 5W40 A3/B3/E7, A3/B4 klassi katsetused näitamaks nende õlide kvaliteediomadusi.

Õlidele määrati kinemaatilised viskoossused 40°C ja 100°C juures, viskoossusindeks, sulfaatne tuhasisaldus, leelisarv, hangumis- ja leekpunkt, tihedus. Mootoriõlide üks oluline kvaliteedinäitaja - HTHS-dünaamiline viskoossus 150°C juures nihkepingel 10⁶/s telliti Soomest Neste Oyj määrdeainete analüüsi laboratooriumist.

Selgus, et kõik testitud mootoriõlid on ekstrakõrge (ülikõrge) viskoossusindeksiga sünteetilistel baasõlidel põhinevad õlid, mille viskoossusindeksid saadi vahemikus 163-173. Külmakindluselt oli parim MANNOL õli, mille hangumispunkt saadi -42 °C, Lotos Oil ja Yacco õlil -39 °C.

Yacco GALAXIE GT kohta leidis kinnitust tõsiasi, et kui õli leelisarv on madal, siis tema sulfaatne tuhasisaldus on samuti väiksema väärtusega. Lotos Oil ja MANNOL õlidel olid vastavad väärtused suuremad. Kuna veoautode diiselmootorid töötavad väga rasketes töötingimustes pikka aega võrreldes ringrajasõidu ja drifti sõidukitega, siis nii Mannol õli kui ka LOTOS Oil õli leelisarv saadigi kõrgem.

Õlide leekpunkte võrreldes selgus, et Yacco Galaxy GT õlil on see kõrgem (225 °C), võrreldes Lotos Oil ja Mannol õlidega (219 °C ja 216 °C vastavalt). Kõrgem leekpunkt tagab väiksema õlikulu kasutamisel, sest õli lenduvus on väiksem.

Mootoriõlide oluline kvaliteedinäitaja – HTHS-dünaamiline viskoossus 150 °C juures nihkepingel 10⁶/s testiti kahel mootoriõlil, Yacco Galaxie GT ja Lotos Oil Diesel Fleet õlil. Veidi kõrgem HTHS-dünaamiline viskoossus saadi Yacco Galaxie GT õlil – 4,14 mPa·s @ 150°C ja Lotos Oil õlil 3,97 mPa·s @ 150°C. HTHS test näitas, et Yacco Extreme GT mootoriõli tagab suurema õlikile survetaluuse laagripindadel võrreldes Lotos Oil õliga, sest viskoossusklassiga 5W40 õli HTHS nõue on min 3,5 mPa·s (vt tabel 3.1 ja Neste OYJ

analüüsi sertifikaati, Lisa C). Teiselt poolt kütuse kulu ja keskkonna säästvuse poolest on veidi paremad omadused Lotos Oil õlil. Uuematele sõidukitele alates 2015 aastast on välja töötatud uued õlid, mille HTHS väärtused on madalamad (vt tabel 3.1). Väiksemad väärtused tähendavad aga suuremat kütusesäästu, paremat kulumiskaitset, mootoris väiksemat hõõrdekadu, sest vähem energiat muundub soojuseks, mille tõttu mootori kasutegur suureneb ja kütusekulu väheneb.

Kinemaatilised viskoossused 40 °C juures saadi Yacco Galaxy õlil 88,29 mm²/s, Lotos Oil 86,69 mm²/s, Mannol 81,81 mm²/s ja 100 °C juures vastavalt 14,58 mm²/s, 14,18 mm²/s ja 13,39 mm²/s. Yacco Galaxie GT õli selget paremust näitas õli viskoossuse muutus 40 °C juurest 100 °C juurde, mis oli $6,06 \times$ ja oli kõige madalam võrreldes teiste mootoriõlidega: $6,33 \times$ Lotos oil ja $6,11 \times$ Mannol õlil.

Õli madalam viskoossus on oluline eelis drifti võistlustel, kus võidusõitmine ja sõiduseiskumine vahelduvad, sest madalam viskoossus tagab auto kiirema käivitumise võistluste ajaks.

Kuna autod ei ole kogu aeg sõidus, siis seisva mootoriga auto puhul voolab õli mootorikomponentide pealt maha. Kui taas aeg sõitu minna ja auto käivitatakse, toimub algul lühikest aega mootori töö suhteliselt kuivas keskkonnas ning hõõrdumine on väga kõrge. Et saavutada kiiresti hea määrimine, peaks õli olema väikese viskoossusega.

Teiselt poolt kõrged temperatuurid mootoris, kui spetsiaalset jahutust drifti autodele pole kohandatud, siis on vajalikud paksemad õlid, nt SAE 20W50.

Võistlusõli ja tänavõli erinevust iseloomustab suuresti mootori tootjate määratud baasõli keemia ja erinevad lisaaine paketid. Lisandipaketid aitavad mitmeti tõsta mootori määrimise tõhusust ja kaitset - sealhulgas kulumiskindlus, hõõrdumise vähendamine, rooste- ja korrosioonikindlus ning pesuaine- ja disperseerimisvahendid, mis aitavad hoida mootori sisemust puhtana ja korralikult töötada.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et kuigi õlide viskoossusklass on üks, on õlid kasutuses väga erinevates rakendustes. Mannol DIESEL Turbo SAE 5W-40 mootoriõli on kasutatav ka bensiinimootorite õlina, mida näitab ACEA B4/A3 ja API CI-4/SL kaksiktähistus. Teada on, et ACEA B/A klassi õlid ei ole vähendatud S, P ja tuhasisaldusega (on „kõrge SAPS“) õlid. (vt tabel 3.2). See tähendab, et nii Mannol DIESEL Turbo, Lotos Oil Diesel Fleet on lubatud kasutada nii kergemate diisel- ja bensiinimootorite, Lotos Oil õli ka raskeveokite E klassi mootoriõlina (ACEA A3/B4 /E7).

Kõik kolm õli Mannol DIESEL TURBO ja Lotos Oil ja Yacco Galaxie GT mootoriõlid täidavad testitud kvaliteedinäitajate osas standardiga ACEA Euroopa Õlijärjestuse: 2016 nõudeid.

Yacco Galaxie 5W-40 100% sünteetiline esterõli ei klassifitseeru kergsõiduautodele kehtestatud C klassi nõuetele, vaid üksnes A3/B3, ACEA A3/B4 klassile. Yacco Galaxy GT ringrajasõidu mootoriõlile ei kehti katalüsaatoriga sõidukitele kehtestatud S, P, tuhasuse piirnormid. Võistlusõlid on seega koostatud arvestamata heitgaasiseadmete eluiga.

Lõpetuseks saab öelda, et kõik testitud mootoriõlid on ekstrakõrge (ülikõrge) viskoossusindeksiga baasõlidel põhinevad õlid, mille viskoossusindeksid saadi vahemikus 163-173. Külmaskindluselt oli parim MANNOL õli, mille hangumispunkt saadi -42 °C, Lotos Oil ja Yacco õlil -39 °C. Yacco GALAXIE õli oli kõige madalama leelisarvu ja sulfaatse tuhasusega. Võrreldes Lotos Oil ja MANNOL õlidega. HTHS test näitas, et Yacco Extreme GT mootoriõli tagab veidi suurema õlikile survetaluvuse laagripindadel võrreldes Lotos Oil õliga. Kütuse kulu ja keskkonna säästvuse poolest on veidi paremad omadused Lotos Oil õlil. Kindlalt kinnitasid Yacco õli paremust leekpunkt, kinemaatilise viskoossuse muutus 40 °C juurest 100 °C juurde, mis oli Yacco õlil kõige väiksem ja viskoossusindeks, mis oli kõige suurem võrreldes kahe teise mootoriõliga.

Soovituseks driftijatele saab veel öelda: drifti SEMI PRO ja PRO klassi sõidukit modifitseeritakse mitmeti, kuid tavaliselt pööratakse vähest tähelepanu soojusjuhtivusele, mis on jõudluse ja töökindluse seisukohtalt ülioluline. Soovimatu kuumus võib vähendada mootori töökindlust, samal ajal vähendades ka auto jõudlust. Töös on välja toodud, et drift ei ole otseselt võrreldav ringraja võidusõiduga. Drifti distsipliin koosneb suure intensiivsusega lühikestest võtetest, millele järgneb seisak kuni minnakse jälle täisvõimsusega rajale. Mootoriõlisid spetsiaalselt driftiks ei ole otseselt vaja, sobivad ringiraja mootoriõlid, aga kuna võistlussõidu stiil erineb sedavõrd ringraja- ja tänavasõidust, siis tuleb edukaks driftiks kasutada mitmesuguseid võtteid sõidukite modifitseerimiseks. Funk *motorsport* on väljapakkunud mitu võimalust drifti autode võidusõidu edendamiseks: kuldne kuumteip vaheseinas või mootoriruumi ümber, turbotekk, sisselaske kaitse, kütuseelementide kaitsmiseks kasutatavad kuldsed peegeldavad kuumakaitse matid, süütesüsteemi kaitse, õliliini kuumakaitse, kütuse auruluku kaitse, väljalasketoru kaitse. Soojusjuhtivusega on võimalik suurendada jõudlust, kaitsta komponente ning säilitada töökindlust.

Edaspidi oleks huvitav testida mootoriõlisid määrares nende kvaliteediomaduste muutusi peale drifti võistlusi, kui drifti sõidukites on kasutusel erinevad mootoriõlid. Lisaks Yacco firmale võiks testida ka teiste firmade õlisid, mis on ettenähtud suure võimsusega GT mootorites nii tavasõiduks kui ringrajale.

SUMMARY

The aim of the thesis was to find out whether recommended competition oil is suitable for drifting or not and compare competition motor oil with regular motor oils. Three different motor oils were used:

1. Yacco Galaxie GT, specially developed to meet requirement of GT or sports engines used on road or circuits;
2. Lotos Oil Synthetic Diesel Fleet 5W-40 A3/B4/E7, for modern diesel engines and gasoline engines;
3. Manno Diesel Turbo B4/A3, which is suitable for modern diesel engines, also can be used in gasoline engines.

The tests on oil were conducted in laboratories of Institute Technology of Estonian University of Life Sciences. In the laboratory test there were found kinematic viscosity, viscosity index. Determination of base number, density, flash point, pour point and ash. HTHS (High Temperature High Shear) viscosity test was ordered from Finland Neste Oyj laboratory. After performing the tests, the results were compared.

Experiments with used engine oils showed that they meet with all the standard and requirements. It became evident that all motor oils have high viscosity index. Viscosity is simply the resistance of a fluid to flow. Higher viscosity implies a slower flow and a thicker fluid. Also, an engine oil sulfated ash content is also directly related to the oil acid neutralizing capabilities. Generally, the higher the oil's base number, the higher its ash content and the greater its ability to prevent acid corrosion in the engine. Yacco Galaxie GT motor oil had lowest viscosity change from 40°C to 100°C which is beneficial for drifting, in terms of drifting alternatives with waiting for next round, because lower viscosity guarantees better engine start.

Just like normal motor oil, racing oil is developed from a base oil. These are divided into different groups based on their viscosity index, oxidation stability and their refinement process. Higher grade oils tend to be more expensive, but they provide better performance. Synthetic oils ensure better engine protection and they remain cleaner for longer period, improve oxidation and offer more protection when compared to a conventional oil.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Eesti Autosporti Liit. Drift. [veebileht] <https://autosport.ee/drift> (11.03.2021).
2. Fia (2020). FIA Drifting guidelines for drifting events. [võrgumaterjal] https://www.fia.com/sites/default/files/guideline_for_drifting_event_-_wmsc051218_-_clean_0.pdf (11.03.2021).
3. Autosport. Street klassi nõuded. [võrgumaterjal] <https://www.autosport.ee/sites/default/files/Lisa-1-2018-streetklassi-nouded.pdf> (11.03.2021).
4. Autosport. Drifti reegliraamat. [võrgumaterjal] <https://www.autosport.ee/sites/default/files/2018-drifti-reegliraamat-EST.pdf> (12.03.2021).
5. Naams, M. (2012) Autode määrdained. Tartu. 374 lk..
6. Naams, M. (2015). Määrdeainete lühikursus. Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool. 396 lk
7. Traktorist. Nafta destillatsiooni skeem. [võrgumaterjal] <http://www.traktorist.org/kat/stuff/naams.pdf> (24.02.2021)
8. SAE J300:2015.Engine Oil Viscosity Classification. Mootoriõli viskoossus-klassifikatsioon.
9. Selectsynthetics. What is oil viscosity. [võrgumaterjal] <https://www.selectsynthetics.com/part-3--what-oil-grade-should-i-use-.html> (22.04.2021)
10. ACEA Euroopa mootoriõlide klassifikatsioon. [võrgumaterjal] https://www.acea.be/uploads/news_documents/ACEA_European_oil_sequences_2016_update_REV_3_July_2020.pdf (13.03.2021).
11. API õlide klassifikatsioon. Elektrooniline materjal kättesaadav: <https://www.api.org/-/media/Files/Certification/Engine-Oil-Diesel/Publications/Motor%20Oil%20Guide%201020.pdf> (19.04.2021).
12. Mootorikütused (2020). Standard Test Method for Free Water and Particulate Contamination in Distillate Fuels (Visual Inspection Procedures): Standard ASTM D 4176. [veebileht] <https://www.astm.org/Standards/D4176.htm> (18.04.2021)
13. Naftasaadused (2020). Läbipaistvad ja läbipaistmatud vedelikud. Kinemaatilise viskoossuse määramine ja dünaamilise viskoossuse arvutamine. Standard EVS-EN ISO 3104:2020. Tallinn: Eesti Standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-3104-2020> (19.04.2021).

14. Viskoossusindeks (2016). Standard Practice for Calculating Viscosity Index from Kinematic Viscosity at 40 °C and 100 °C. Standard ASTM D2270. [veebileht] <https://www.astm.org/Standards/D2270.htm> (18.04.2021)
15. HTHS (2021). Standard Test Method for Measuring Viscosity at High Temperature and High Shear Rate by Tapered-Plug Viscometer. Standard ASTM D4741. [veebileht] <https://www.astm.org/Standards/D4741.htm> (19.04.2021)
16. Leelisarv (1997). Leelisarvu määramine tiitrimise meetodil. Petroleum products and lubricants - Determination of acid or base number - Colour-indicator titration method. Standard ISO 6618:1997. Tallinn : Eesti Standarikeskus [veebileht] <https://www.evs.ee/et/iso-6618-1997> (20.04.2021).
17. Expertsmind. Location of End Points. [veebileht] <http://www.expertsmind.com/topic/potentiometric-titrations/location-of-end-points-910938.aspx> (20.04.2021).
18. Expertsmind. Apparatus for potentiometric titration. [veebileht] <http://www.expertsmind.com/topic/potentiometric-titrations/location-of-end-points-910938.aspx> (20.04.2021).
19. Toornafta ja naftasaadused (2000). Tiheduse määramine. Ostsilleeruva U-toru meetod. Standard EVS-EN ISO 12185:2000. Tallinn: Eesti Standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-12185-2000> (19.04.2021).
20. Naftasaadused (2019). Hägustumispunkti määramine. Petroleum and related products from natural or synthetic sources - Determination of cloud point. Standard EVS-EN ISO 3015:2019. Tallinn: Eesti Standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-3015-2019> (19.04.2021).
21. Leekpunkti ja süttimistemperatuuri määramine (2017). Clevelandi avatud tiigli meetod. Petroleum and related products - Determination of flash and fire points - Cleveland open cup method. Standard EVS-EN ISO 2592:2017. Tallinn: Eesti Standardikeskus. [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-2592-2017> (19.04.2021).
22. Naftasaadused (2003). Tuha määramine. Standard EVS-EN ISO 6245:2003. Tallinn: Eesti Standardikeskus [veebileht] <https://www.evs.ee/et/evs-en-iso-6245-2003> (19.04.2021).
23. Funktmotorsport. Heat management in drifting. [veebileht] <https://funkmotorsport.com/heat-management-in-drifting/> (22.04.2021).
24. Continentalautosports. Grand tourer vs sports car. [veebileht] <https://www.continentalautosports.com/ferrari-information/grand-tourer-vs-sports-car/> (22.04.2021)

LISAD

Lisa A. Mootoriõlide tähistus



Joonis A.1 Mannol Diesel Turbo 5W40 tähistused pakendi esiküljel

Mootoriõli esipakendilt loeme välja:

- 1) mootoriõli nimetus : Mannol Diesel Turbo;
- 2) viskoosusklassifikatsioon 5W-40, aastaringne;
- 3) klassifikatsioonid : API CI-4/SL; ACEA B4/A3.

API klassifikatsiooni järgi võib mootoriõli kasutada diiselmootoris ning bensiinimootoris. Õli vastab ACEA B4/A3 klassi nõuetele, mis lubab kasutada seda suure jõudlusega sõiduautode ja väikekaubikute bensiini- ja diiselmootorites.



Joonis A.2 Mannol Diesel Turbo 5W40 tähistused pakendi tagaküljel

Mootoriõli pakendi tagaküljel on kirjas:

- 4) Sünteetiline mootoriõli
- 5) Toote kirjeldus : Sünteetiline mootoriõli, mis mõeldud suure jõudlusega diiselmootoritele. Tagab erakordse puhtuse mootori osadele. Sobilik ka bensiinimootoritele. Toote kehtivus 5 aastat (tootmiskuupäev pakendil).
- 6) Klassifikatsioonid uuesti välja toodud ning lisaks on märgitud VW 505.00/502.00, mis tähendab, et see mootoriõli on Volkswageni poolt heaks kiidetud.
- 7) Õlikanistri maht – 1L



Joonis A.3 Yacco Galaxie 5W40 tähistus pakendi esiküljel

Mootoriõli esipakendil on kirjas:

- 1) Mootoriõli nimetus : Yacco Galaxie;
- 2) Võistlusõli;
- 3) Viskoossusklassifikatsioon: 5W-40, aastaringne;
- 4) 100% sünteetiline estri baasil;
- 5) Õlikogus – 1L.



Joonis A.4 Yacco Galaxie 5W40 tähistus pakendi tagaküljel

6. Maaletooja poolne tootja kirjeldus : 100% sünteetiline ester mootoriõli, tagades suurepärase kaitse rasketes tingimustes. Sobib kasutamiseks suure võimsusega GT mootorites nii tavasõidu kui ka ringrajale. Tagab suurepärase külmkäivituse, tagades samas suurepärase mootori kaitse väga kõrgetel temperatuuridel. Suurepärase termostabiilsus, ennetamaks sadestiste tekkimist mootoris. Väga madal aurustumiskadu tagades madala õlikulu.

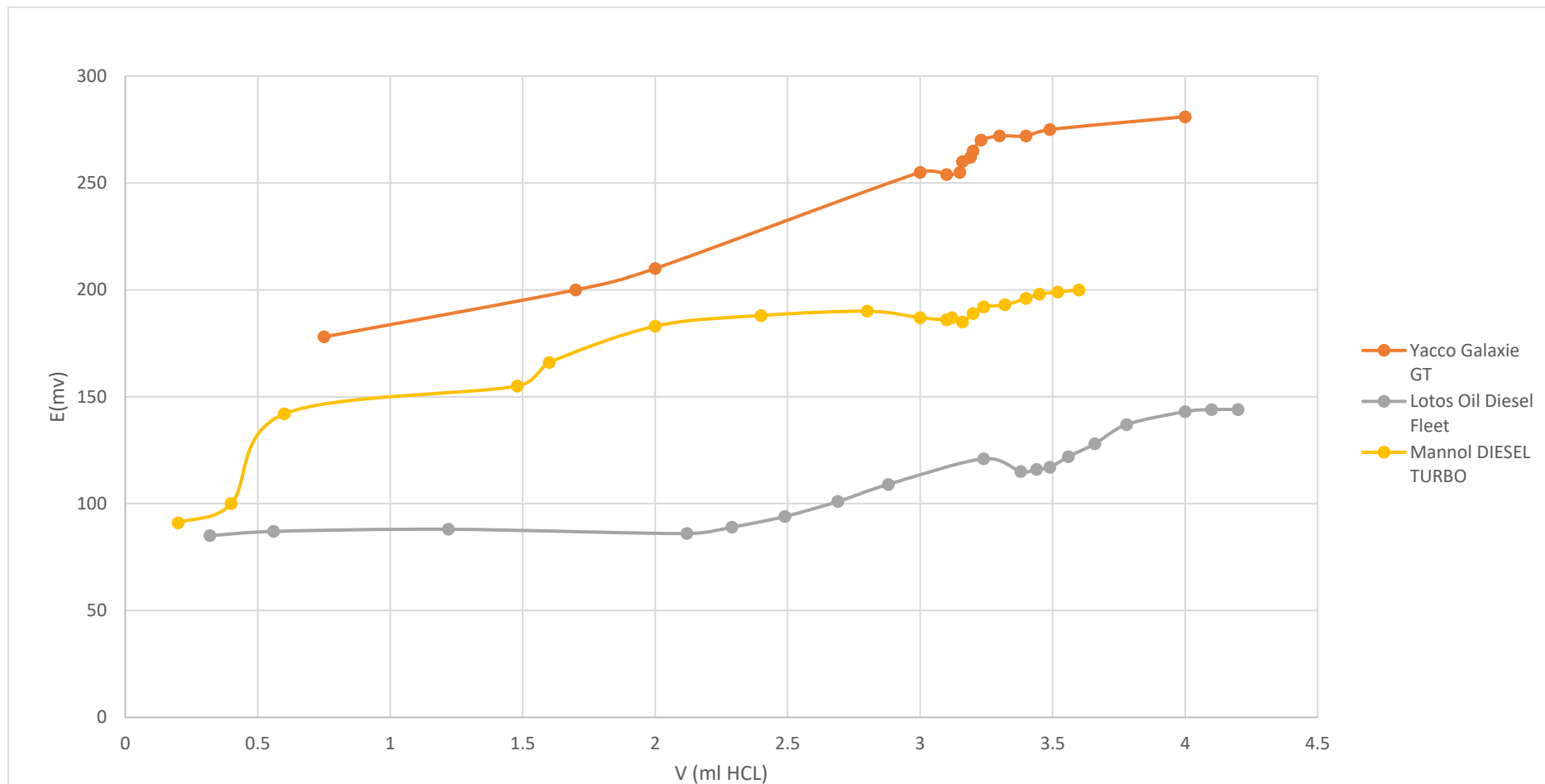


Joonis A.5 Lotos Oil Synthetic turbodiesel 5W40 tähistus pakendi esiküljel

Mootoriõli esipakendilt loeme välja:

- 1) Mootoriõli nimetus: Lotos Synthetic Turbodiesel
- 2) Viskoossusklassifikatsioon: 5W-40, aastaringne;
- 3) Õlikanistri maht – 1L;
- 4) Mõeldud sõiduautodele ja kaubikutele, millel moderne diiselmootor.

Lisa B. Tiitrimise graafik



Lisa C. Neste Oyj analyyti sertifiikaat



Certificate of Analysis

TT-20-003721

1 (1)

4.11.2020

Subject

1. 5W 40 & 2.A3/B4 5W 40

Samples

Tieto	Sample source	Sampling point	Collection dt	Näyte ID
1. VOIT.ÖLJY 1. 5W40	(BO) Tutk.näyte		04.11.2020	15296931
2. VOIT.ÖLJY 2. A3/B4 5W 40	(BO) Tutk.näyte		04.11.2020	15296939

Results

Physical property	Method	Unit	Sample 1.	Sample 2.
Viscosity HTS 150 °C	CECL-36-90	mPas	4,14	3,97

Electronical approval

Authored by

Maarit Laamanen

Laboratory Technician

maarit.laamanen@neste.com

Laboratory

Neste Oyj, Water and Oil laboratory

Neste Oyj, Research and Development, Central Laboratory, P.O. Box 310, 06101 Porvoo, FINLAND

The laboratory is not responsible for sampling.
The test results relate to the items tested.
The Research Certificate can be copied only in whole.

Lisa D. Lotos Oil tootjapoolsed andmed



STATEMENT

LOTOS OIL confirms that DIESEL FLEET 5W40 meets and fulfills following requirement according to NATO standard O-1179

SECTION 3 NATO GUIDE SPECIFICATION FOR LUBRICATING OIL, LUBRICATING OIL ENGINE SYNTHETIC GRADE 5W-40: O-1179

NO.	REQUIREMENTS	UNITS	TEST METHODS	LIMITS	NOTES
				O-1179	
(a)	(b)	(c)	(d)	(f)	(h)
1	SAE Viscosity Grade		SAE J 300	5W-40	
2	Flash point	°C	ISO 2592	200 min.	
3	Total Base Number	mg KOH/g	ISO 3771	9 min.	ASTM D 2896 technical equivalent
4	Sulfated Ash	wt %	ISO 3987	1,65 max.	ASTM D 874 identically, DIN 51575 technical equivalent
5	Viscosity HTHS	mPa.s	CEC L-036-90	3,5 min.	
6	Evaporation Loss	%	CEC L-040-93	13 max.	
7	Foaming Tendency Sequence I / II / III	ml	ASTM D 892	10 / 50 / 10	
8	Load carrying capability	Load Stage	CEC L-07-95 CEC L-84-02	9 min.	Failure Load Stage FZG
9	Engine performance			ACEA A3 / B4 / E7	

Swietłana Sobolewska-Domagala
Specialist
Foreign Trade Office
LOTOS Oil Sp. z o.o.
tel.(48) 58 308 87 15
mobile (48) 512 344 140
fax (48) 58 308 84 18

LOTOS Oil Sp. z o.o.
ul. Elbląska 135, PL 80-718 Gdańsk
tel. +48 58 308 73 21, fax: +48 58 308 84 18
NIP: 583-27-95-923, REGON 192775657
BDO: 000025638

LOTOS Oil Sp. z o.o., ul. Elbląska 135, PL 80-718 Gdańsk
tel. +48 58 308 73 21; fax +48 58 308 84 18; e-mail: biuro@lotosoil.pl; www.lotosoil.pl
The company entered into the register of entrepreneurs of the National Court Register by the District Court of Gdańsk Północ,
the city of Gdańsk, VII Economic Department of the National Court Register under the number KRS 0000549820,
tax identification number EU VAT No. PL 583-27-95-923; industry identification number (REGON) 192775657; BDO: 000025638
initial capital PLN 2,000,000

Lisa E. Mannol Diesel Turbo tootjapoolsed andmed



MANNOL DIESEL TURBO



GB

Mannol Diesel Turbo is a modern diesel engine oil of the latest generation. Suitable for modern, high output turbo diesel engines of cars, using direct fuel injection or „common rail“ technology. Can also be used in gasoline engines. excellent fluidity at low temperature; very low resistance at start; exceptional viscosity index; very high thermal stability and anti-wear properties.

DE

Mannol Diesel Turbo ist ein hochwertiges Hightech-Motorenöl für moderne PKW-Dieselmotoren mit Turb Aufladung. Reduziert den Verschleiß, besonders in der kritischen Start- und Wamlauf-phase. Es eignet sich außerdem für Fahrzeuge mit Ottomotoren.

RU

Mannol Diesel Turbo - всесезонное моторное масло, разработанное для современных высокофорсированных турбодизельных инжекторных двигателей. Обеспечивает высокую прокачиваемость при холодном старте. Обладает оптимальной вязкостью в широком диапазоне температур. Эффективно защищает от износа. Обеспечивает исключительную чистоту деталей двигателя. Применимо также для бензиновых двигателей.

Packages:
1L, 5L, 20L, 60L, 208L, 1000L

Meets the requirements and specifications:

SAE 5W-40
API CI-4/SL
ACEA B4/A3
VW 505.00/502.00

Product Characteristics:

Characteristics	Method	Unit	Value
SAE-class			5W-40
Density at 15°C	D 1298	kg/m³	848
Flash point COC	D 92	°C	236
Pour point	D 97	°C	-42
TBN	D 2896	gKOH/kg	10,06
Viscosity at -30°C	D 5293	CP	5210
Viscosity at 100°C	D 445	CSt	13,53
Viscosity at 40°C	D 445	CSt	80,15
Viscosity index	D 2270		172

Unsere Information stützt sich auf sorgfältige Untersuchungen und darf als zuverlässig gelten, dennoch kann sie nur unverbindlich beraten.
Our information is based on thorough research and may be considered reliable, although not legally binding.
Предоставленная информация основана на данных исследований и является надежной, но не имеет юридической обязательности.

SCT-Vertriebs GmbH · Feldstrasse 154, 22880 Wedel, Germany · tel.: +49 4103 12110 · web: www.sct-germany.de

Lisa F. Yacco Galaxie GT tootjapoolsed andmed



L'huile des records du monde

GALAXIE RS - SAE 5W-40

100% synthetic racing oil

APPLICATIONS

This ESTER based 100% synthetic lubricant is designed to ensure optimal engine lubrication under extreme service conditions. Specially developed to meet the requirement of GT or sports engines used on road or circuits

MAIN PHYSICAL DATA

		Units	5W-40
Density at	20° C	kg/m ³	857
Kinematic viscosity at	40° C	mm ² /s	91
Kinematic viscosity at	100° C	mm ² /s	15
Viscosity index			174
Pour point		° C	- 39
Flash point Cleveland open cup		°C	216
Dynamic viscosity at	- 30°C	mPa.s	6100

The data given in this table are typical production values and cannot be considered as specifications.

PROPERTIES & ADVANTAGES

- SAE 5W40 viscosity provides excellent performance at start-up whilst offering outstanding engine protection at very high temperatures for maximum oil pressure stability under any service conditions.
- Excellent shear resistance ensuring a continuous lubrication at hot temperature even under severe service conditions
- Reinforced thermal stability to prevent the formation of deposits
- Very low volatility to reduce oil consumption
- Outstanding detergent-dispersant properties keeping the engine clean

RECOMMENDATIONS

For an optimal oil pressure, select this product or one from YACCO GALAXIE range according to the service condition and the importance of unburned fuel dilution level.

This range is available in 5 viscosities (SAE 0W-40, SAE 5W-40, SAE 5W-50, SAE 15W-50 & SAE 10W-60) to meet the service conditions of each type of competition, engines and settings.

005-LAB/FT/36-2016/3099

contact@yacco.com



Before using this lubricant, take a look to the car booklet to check the technical requirements of the manufacturer.

Lisa G. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina, Marten Pulles

sünniaeg 29.05.1995,

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö: MOOTORIÕLI YACCO EXTREME GT SOBIVUS RINGRAJASÕIDULE JA DRIFTIKS VÕRRELDES MANNOL DIESEL TURBO JA LOTOS OIL DIESEL FLEET MOOTORIÕLIDEGA

mille juhendaja on Kaie Ritslaid, MSc

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor Marten Pulles

(allkiri)

Tartu, 27.05.2021 (*kuupäev*)

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

_____ (juhendaja nimi ja allkiri)

_____ (*kuupäev*)